

MODUL PENGEMBANGAN KEPROFESIAN BERKELANJUTAN

PEMANAS ENERGI SURYA

PAKET KEAHLIAN : TEKNIK ENERGI SURYA & ANGIN

Program Keahlian : Teknik Energi Terbarukan



KELOMPOK
KOMPETENSI

9



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2015

PEMANAS ENERGI SURYA

PAKET KEAHLIAN : TEKNIK ENERGI SURYA DAN ANGIN

PROGRAM KEAHLIAN : TEKNIK ENERGI TERBARUKAN

**Penyusun:
Tim PPPPTK
BMTI**



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2015**

KATA PENGANTAR

Undang–Undang Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2005 tentang Guru dan Dosen mengamanatkan adanya pembinaan dan pengembangan profesi guru secara berkelanjutan sebagai aktualisasi dari profesi pendidik. Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan (PKB) dilaksanakan bagi semua guru, baik yang sudah bersertifikat maupun belum bersertifikat. Untuk melaksanakan PKB bagi guru, pemetaan kompetensi telah dilakukan melalui Uji Kompetensi Guru (UKG) bagi semua guru di Indonesia sehingga dapat diketahui kondisi objektif guru saat ini dan kebutuhan peningkatan kompetensinya.

Modul ini disusun sebagai materi utama dalam program peningkatan kompetensi guru mulai tahun 2016 yang diberi nama diklat PKB sesuai dengan mata pelajaran/paket keahlian yang diampu oleh guru dan kelompok kompetensi yang diindikasikan perlu untuk ditingkatkan. Untuk setiap mata pelajaran/paket keahlian telah dikembangkan sepuluh modul kelompok kompetensi yang mengacu pada kebijakan Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan tentang pengelompokan kompetensi guru sesuai jabatan Standar Kompetensi Guru (SKG) dan indikator pencapaian kompetensi (IPK) yang ada di dalamnya. Sebelumnya, soal UKG juga telah dikembangkan dalam sepuluh kelompok kompetensi. Sehingga diklat PKB yang ditujukan bagi guru berdasarkan hasil UKG akan langsung dapat menjawab kebutuhan guru dalam peningkatan kompetensinya.

Sasaran program strategi pencapaian target RPJMN tahun 2015–2019 antara lain adalah meningkatnya kompetensi guru dilihat dari *Subject Knowledge* dan *Pedagogical Knowledge* yang diharapkan akan berdampak pada kualitas hasil belajar siswa. Oleh karena itu, materi yang ada di dalam modul ini meliputi kompetensi pedagogik dan kompetensi profesional. Dengan menyatukan modul kompetensi pedagogik dalam kompetensi profesional diharapkan dapat mendorong peserta diklat agar dapat langsung menerapkan kompetensi pedagogiknya dalam proses pembelajaran sesuai dengan substansi materi yang diampunya. Selain dalam bentuk *hard-copy*, modul ini dapat diperoleh juga dalam bentuk digital, sehingga guru dapat lebih mudah mengaksesnya kapan saja dan dimana saja meskipun tidak mengikuti diklat secara tatap muka.

Kepada semua pihak yang telah bekerja keras dalam penyusunan modul diklat PKB ini, kami sampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya.

Jakarta, Desember 2015
Direktur Jenderal,

Sumarna Surapranata, Ph.D
NIP: 195908011985031002

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR GAMBAR.....	iv
DAFTAR TABEL	vii
PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Tujuan	1
C. Peta Kompetensi.....	2
D. Ruang Lingkup.....	2
E. Saran Cara Penggunaan Modul.....	3
KEGIATAN PEMBELAJARAN.....	4
KEGIATAN PEMBELAJARAN 1 : PEMANFAATAN DAN PENIALAIAN PROSES HASIL BELAJAR	4
A. Tujuan	4
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	4
C. Uraian Materi.....	4
1. Ketuntasan Belajar	4
2. Program Remedial	21
3. Program Pengayaan	31
D. Aktivitas Pembelajaran	38
E. Rangkuman	42
F. Tes Formatif	44
G. Kunci Jawaban.....	46
KEGIATAN PEMBELAJARAN 3 : PENERAPAN ENERGI MATAHARI	51
A. Tujuan	51
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	51
C. Uraian Materi.....	51
D. Aktifitas Pembelajaran.....	73
E. Rangkuman	74

F. Tes Formatif	74
G. Kunci Jawaban.....	75
KEGIATAN PEMBELAJARAN 4 : KOLEKTOR PANAS.....	76
A. Tujuan	76
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	76
C. Uraian Materi.....	76
D. Aktifitas Pembelajaran.....	115
E. Rangkuman	116
F. Tes Formatif	116
G. Kunci Jawaban.....	117
KEGIATAN PEMBELAJARAN 5 : PLTS	119
A. Tujuan	119
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	119
C. Uraian Materi.....	119
D. Aktifitas Pembelajaran.....	151
E. Rangkuman	151
F. Tes Formatif	152
G. Kunci Jawaban.....	153
KEGIATAN PEMBELAJARAN 6 : TEKNOLOGI PENGATUR SUHU RUANGAN.....	154
A. Tujuan	154
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	154
C. Uraian Materi.....	154
D. Aktifitas Pembelajaran.....	163
E. Rangkuman	163
F. Tes Formatif	164
G. Kunci Jawaban.....	165
PENUTUP.....	168
Uji Kompetensi.....	169
DAFTAR PUSTAKA	172

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Instalasi pengeringan	52
Gambar 3. 2 Pemanfaatan energi matahari	53
Gambar 3. 3 Pengering tenaga surya sederhana.....	58
Gambar 3. 4 Tampak depan dan tampak samping	59
Gambar 3. 5 Kotak pengering	59
Gambar 3. 6 kotak pengering dan nampan rak	60
Gambar 3. 7 Kontruksi dinding kanan dan kiri.....	61
Gambar 3. 8 Tutup atas dan dinding depan	62
Gambar 3. 9 Tutup bawah dan kolektor	63
Gambar 3. 10 cara melubangi tutup bawah	64
Gambar 3. 11 Cara melubangi isolator gabus.....	65
Gambar 3. 12 Kontruksi tutup dan nampan rak pengering sederhana	65
Gambar 3. 13 Pintu dan nampan rak, nampak dari depan.....	66
Gambar 3. 14 Pintu dan nampan rak nampak dari belakang	66
Gambar 3. 15 kaca penutup.....	67
Gambar 3. 16 Cerobong	69
Gambar 3. 17 Kontruksi cerobong	69
Gambar 3. 18 Kerangka cerobong	70
Gambar 3. 19 Atap cerobong	70
Gambar 3. 20 Memasang kaki pada kerangka cerobong.....	71
Gambar 3. 21 Merakit cerobong.....	72
Gambar 4. 1 <i>Solar water heater</i>	80
Gambar 4. 2 <i>solar water heater</i>	87
Gambar 4. 3 Kolektor panas	89
Gambar 4. 4 Reaksi Radiasi sinar matahari terhadap kolektor.....	90
Gambar 4. 5 <i>solar water heater thermosiphon</i>	91
Gambar 4. 6 Tampak samping Thermosiphon solar water heater	92
Gambar 4. 7 Skema alat pemanas sistem aktif dilengkapi <i>temperature control</i>	93
Gambar 4. 8 Berkas cahaya.....	95
Gambar 4. 9 Pengaruh sudut cahaya pada permukaan.....	97
Gambar 4. 10 Garis peredaran matahari (contoh skema perbandingan).....	98
Gambar 4. 11 Kolektor	102
Gambar 4. 12 Kolektor dengan pipa ganda (<i>multi flow</i>).....	103
Gambar 4. 13 Kolektor	104

Gambar 4. 14 Perbandingan cara pemanasan air pada pipa kolektor	104
Gambar 4. 15 Cara penyambungan plat penyerap dengan pipa	105
Gambar 4. 16 Pemasangan kaca, pipa dan isolator.....	108
Gambar 4. 17 Silinder dengan sistem pipa	112
Gambar 4. 18 Penempatan silinder	113
Gambar 4. 19 Penempatan <i>solar water heater</i>	114
Gambar 5. 1 Proses terbentuknya arus pada <i>solar cell</i>	121
Gambar 5. 2 Struktur <i>solar cell</i>	122
Gambar 5. 3 Polikristal.....	123
Gambar 5. 4 Monokristal	124
Gambar 5. 5 <i>Thin Fim</i>	125
Gambar 5. 6 <i>Solar home system</i>	128
Gambar 5. 7 Sistem pembangkit listrik terpusat	128
Gambar 5. 8 Sistem pembangkit listrik tenaga hibrida.....	129
Gambar 5. 9 Kurva SFC dan konsumsi bahan bakar	130
Gambar 5. 10 Profil beban dengan konsumsi bahan bakar diesel genset.....	131
Gambar 5. 11 Kurva beban harian dan konsumsi bahan bakar	131
Gambar 5. 12 Sistem pompa air tenaga surya.....	132
Gambar 5. 13 SESF <i>on-grid</i> pada aplikasi atap rumah	133
Gambar 5. 14 Contoh arsitektur bangunan pemadam kebakaran dengan modul fotovoltaik	134
Gambar 5. 15 Pembangkit listrik <i>on-grid</i> terpusat	134
Gambar 5. 16 <i>Flowchart</i> perancangan sistem energi surya fotovoltaik.....	137
Gambar 5. 17 <i>Wiring diagram</i> SHS.....	138
Gambar 5. 18 Gelombang <i>output</i> inverter	139
Gambar 5. 19 Tahapan perancangan menggunakan RETScreen	145
Gambar 5. 20 Analisa finansial pada perancangan sistem fotovoltaik menggunakan RETScreen	146
Gambar 5. 21 Tampilan utama HOMER.....	147
Gambar 5. 22 Contoh layout komponen	147
Gambar 5. 23 Konfigurasi sistem sebagai hasil optimasi HOMER	148
Gambar 5. 24 <i>Layout</i> opsi disain PVSyst	148
Gambar 5. 25 Tahapan simulasi dengan PVSyst	149
Gambar 5. 26 Contoh simulasi rugi-rugi akibat bayangan dengan peletakan sumber bayangan	149
Gambar 5. 27 Contoh model INSEL untuk SESF <i>on-grid</i>	150
Gambar 6. 1 Rumah desain enegi surya	154

Gambar 6. 2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya	156
Gambar 6. 3 Green House Tenaga surya,	160
Gambar 6. 4 Cerobong Asap Tenaga Surya.....	161

DAFTAR TABEL

Tabel 5. 1	Spesifikasi konduktor tembaga berdasarkan luas penampangnya 142
------------	---

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Tingkat kebutuhan energi di Indonesia semakin meningkat seiring dengan perkembangan pembangunan yang pesat, terutama menyangkut energi listrik dan energi dari bahan bakar. Berkaitan dengan pemenuhan energi listrik, tingkat elektrifikasi di Indonesia masih jauh dari 100 persen, demikian juga untuk pemenuhan kebutuhan bahan bakar masih terjadi kekurangan. Oleh karena itu perlu dilakukan diversifikasi energi dan konservasi energi untuk pemenuhan dan pemerataan energi di Indonesia.

Sejak tahun 2005 pemerintah mulai memfokuskan lebih sistematis pada energi terbarukan. Aplikasi energi terbarukan di Indonesia saat ini berlangsung di bidang tenaga air, energi panas bumi, bio-energi, energi angin, energi surya, dan energi pasang surut. Dalam Cetak Biru Pengelolaan Energi Nasional 2005-2025 (2005) menunjukkan bahwa ada pemanfaatan yang belum jelas dari sumber energi terbarukan: kapasitas terpasang hanya sebagian kecil dari potensi sumber energi terbarukan yang berbeda

UU Energi Nomor 30 Tahun 2007 merupakan dasar hukum energi kebijakan pasokan Indonesia untuk melayani kebutuhan energi nasional, prioritas kebijakan pengembangan energi, kebijakan pemanfaatan sumber daya energi nasional dan saham energi nasional. Hukum menyatakan bahwa setiap warga negara Indonesia memiliki hak untuk mengakses sumber-sumber energi modern.

Pemanfaatan energi yang bersumber pada matahari ini merupakan salah satu cara dalam mendukung tercukupinya kebutuhan energisecara nasional, sehingga diharapkan dapat mendukung produktifitas masyarakat secara merata.

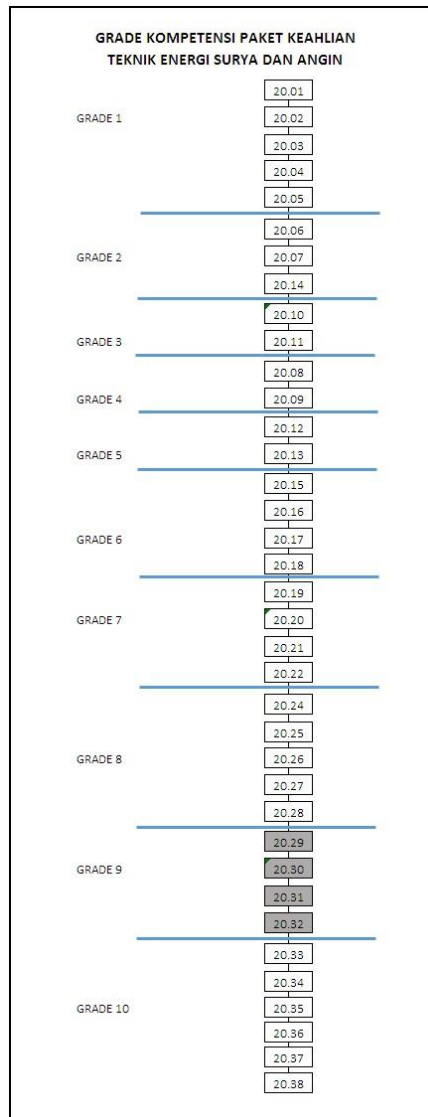
B. Tujuan

Setelah mempelajari buku ini diharapkan Anda dapat:

1. Model teknologi peralatan pengering hasil pertanian dengan panas matahari.
2. Model teknologi pemanas air energi panas matahari.
3. Model teknologi pembangkit listrik tenaga matahari.

4. Model teknologi pengatur suhu ruangan di daerah dingin dengan panas matahari.

C. Peta Kompetensi



D. Ruang Lingkup

Dalam modul ini Anda akan mempelajari materi yang berhubungan dengan pengetahuan dan keterampilan yang dibutuhkan pada Aplikasi Pemanfaatan Energi Matahari seperti untuk Kolektor Panas dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya, dan diharapkan setelah mengikuti kegiatan pembelajaran pada modul ini, Anda mampu mengaplikasikannya

dalam rangka memenuhi standar kompetensi guru paket keahlian teknik energi surya dan angin.

E. Saran Cara Penggunaan Modul

Penjelasan bagi peserta diklat tentang tata cara belajar dengan bahan ajar/modul bahan ajar, tugas-tugas peserta diklat antara lain:

- 1) Modul ini dirancang sebagai bahan pembelajaran dengan pendekatan peserta diklat aktif.
- 2) Guru berfungsi sebagai fasilitator.
- 3) Penggunaan modul ini dikombinasikan dengan sumber belajar yang lainnya.
- 4) Pembelajaran untuk pembentukan sikap spiritual dan sosial dilakukan secara terintegrasi dengan pembelajaran kognitif dan psikomotorik.
- 5) Lembar tugas peserta diklat untuk menyusun pertanyaan yang berkaitan dengan isi buku memuat (apa, mengapa dan bagaimana).
- 6) Tugas membaca bahan ajar/modul secara mendalam untuk dapat menjawab pertanyaan. Apabila pertanyaan belum terjawab, maka peserta diklat dipersilahkan untuk mempelajari sumber belajar lainnya yang relevan.

BAB II
KEGIATAN PEMBELAJARAN

**KEGIATAN PEMBELAJARAN 1 : PEMANFAATAN DAN PENIALAIAN PROSES
HASIL BELAJAR**

A. Tujuan

Tujuan dari kegiatan pembelajaran 1 ini adalah:

1. Melalui diskusi kelompok peserta diklat dapat menelaah tentang konsep ketuntasan belajar.
2. Melalui pemahaman materi modul ini peserta diklat dapat menentukan program remedial dengan tepat untuk peserta didik.
3. Melalui pemahaman materi modul ini peserta diklat dapat menentukan program pengayaan yang mencukupi dengan tepat untuk peserta didik.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Indikator pencapaian kompetensi yang harus dikuasai setelah mengikuti kegiatan belajar ini adalah, peserta diklat dapat:

1. Merancang dan melaksanakan program remedial berdasarkan hasil penilaian proses dan hasil belajar peserta didik guna mencapai penguasaan minimal terhadap materi atau kompetensi yang dipersyaratkan.
2. Merancang dan melaksanakan program pengayaan dalam rangka mengembangkan kompetensi peserta didik lebih mendalam dan optimal.

C. Uraian Materi

1. Ketuntasan Belajar

a. Belajar Tuntas

Salah satu di antara masalah besar dalam bidang pendidikan di Indonesia yang banyak diperbincangkan adalah rendahnya mutu pendidikan yang tercermin dari rendahnya rata-rata prestasi belajar, khususnya peserta didik Sekolah Menengah

Kejuruan (SMK). Masalah lain adalah bahwa pendekatan dalam pembelajaran masih terlalu didominasi peran guru (*teacher centered*). Guru lebih banyak menempatkan peserta didik sebagai objek dan bukan sebagai subjek didik. Pendidikan kita kurang memberikan kesempatan kepada peserta didik dalam berbagai mata pelajaran, untuk mengembangkan kemampuan berpikir holistik (menyeluruh), kreatif, objektif, dan logis, belum memanfaatkan *quantum learning* sebagai salah satu paradigma menarik dalam pembelajaran, serta kurang memperhatikan ketuntasan belajar secara individual.

Demikian juga proses pendidikan dalam sistem persekolahan kita, umumnya belum menerapkan pembelajaran sampai peserta didik menguasai materi pembelajaran secara tuntas. Akibatnya, banyak peserta didik yang tidak menguasai materi pembelajaran meskipun sudah dinyatakan tamat dari sekolah. Tidak heran kalau mutu pendidikan secara nasional masih rendah.

Penerapan Standar Isi yang berbasis pendekatan kompetensi sebagai upaya perbaikan kondisi pendidikan di tanah air ini memiliki beberapa alasan, di antaranya:

1. potensi peserta didik berbeda-beda, dan potensi tersebut akan berkembang jika stimulusnya tepat;
2. mutu hasil pendidikan yang masih rendah serta mengabaikan aspek-aspek moral, akhlak, budi pekerti, seni & olah raga, serta kecakapan hidup (*life skill*);
3. persaingan global yang memungkinkan hanya mereka yang mampu akan berhasil;
4. persaingan kemampuan SDM (Sumber Daya Manusia) produk lembaga pendidikan;
5. persaingan yang terjadi pada lembaga pendidikan, sehingga perlu rumusan yang jelas mengenai standar kompetensi lulusan.

Upaya-upaya dalam rangka perbaikan dan pengembangan kurikulum berbasis kompetensi meliputi: kewenangan pengembangan, pendekatan pembelajaran, penataan isi/konten, serta model sosialisasi, lebih disesuaikan dengan perkembangan situasi dan kondisi serta era yang terjadi saat ini. Pendekatan

pembelajaran diarahkan pada upaya mengembangkan kemampuan peserta didik dalam mengelola perolehan belajar (kompetensi) yang paling sesuai dengan kondisi masing-masing. Dengan demikian proses pembelajaran lebih mengacu kepada bagaimana peserta didik belajar dan bukan lagi pada apa yang dipelajari. Sesuai dengan cita-cita dari tujuan pendidikan nasional, guru perlu memiliki beberapa prinsip mengajar yang mengacu pada peningkatan kemampuan internal peserta didik di dalam merancang strategi dan melaksanakan pembelajaran. Peningkatan potensi internal itu misalnya dengan menerapkan jenis-jenis strategi pembelajaran yang memungkinkan peserta didik mampu mencapai kompetensi secara penuh, utuh dan kontekstual.

Berbicara tentang rendahnya daya serap atau prestasi belajar, atau belum terwujudnya keterampilan proses dan pembelajaran yang menekankan pada peran aktif peserta didik, inti persoalannya adalah pada masalah "ketuntasan belajar" yakni pencapaian taraf penguasaan minimal yang ditetapkan bagi setiap kompetensi secara perorangan. Masalah ketuntasan belajar merupakan masalah yang penting, sebab menyangkut masa depan peserta didik, terutama mereka yang mengalami kesulitan belajar.

Pendekatan pembelajaran tuntas adalah salah satu usaha dalam pendidikan yang bertujuan untuk memotivasi peserta didik mencapai penguasaan (*mastery level*) terhadap kompetensi tertentu. Dengan menempatkan pembelajaran tuntas (*mastery learning*) sebagai salah satu prinsip utama dalam mendukung pelaksanaan kurikulum berbasis kompetensi, berarti pembelajaran tuntas merupakan sesuatu yang harus dipahami dan dilaksanakan dengan sebaik-baiknya oleh seluruh warga sekolah. Untuk itu perlu adanya panduan yang memberikan arah serta petunjuk bagi guru dan warga sekolah tentang bagaimana pembelajaran tuntas seharusnya dilaksanakan.

Tujuan pada bahasan ini Anda akan mempelajari dan dipandu untuk :

1. memberikan kesamaan pemahaman mengenai pembelajaran tuntas (*mastery learning*);

2. memberikan alternatif penyelenggaraan pembelajaran tuntas yang diselenggarakan oleh satuan pendidikan dan pendidik sesuai dengan mata pelajaran dan karakteristik peserta didik.

b. Asumsi Dasar dan Pengertian Belajar Tuntas

Pengertian model pembelajaran yang berasal dari kata model dimaknai sebagai objek atau konsep yang digunakan untuk mempresentasikan sesuatu hal. Sedangkan pembelajaran adalah suatu kegiatan dimana guru melakukan peranan-peranan tertentu agar dapat belajar untuk mencapai tujuan pendidikan yang diharapkan. (Trianto, *Mendesain Model Pembelajaran Inovatif-Progresif* (Jakarta: Kharisma Putra Utama, 2009-21), (Rusman & Laksmi Dewi, *Kurikulum dan Pembelajaran* (Jakarta: PT Rajagrafindo Persada, 2011-216), (Rusman & Laksmi Dewi, *Kurikulum*,198).

Model pembelajaran menurut Joyce adalah suatu rencana atau pola yang dapat kita gunakan untuk merancang pembelajaran tatap muka di dalam kelas atau dalam latar tutorial dan dalam membentuk materiil-materiil pembelajaran termasuk buku-buku, film-film, pita kaset dan program media komputer dan kurikulum (serangkaian studi jangka panjang).

Model pembelajaran menjadikan suatu proses pembelajaran menjadi lebih sistematis dan tertata. Setiap pengajar memakai model pembelajaran yang berbeda satu sama lain, karena penggunaan model pembelajaran harus disesuaikan dengan situasi dan kondisi siswa.

Adapun dasar pertimbangan pemilihan model pembelajaran yang harus diperhatikan oleh guru adalah:

- a. Pertimbangan terhadap tujuan yang akan dicapai
- b. Pertimbangan tentang bahan atau materi pembelajaran
- c. Pertimbangan dari sudut siswa
- d. Pertimbangan lainnya yang bersifat nonteknis

(Rusman, *Model-Model Pembelajaran* (Jakarta: PT Rajagrafindo Persada, 2011-133.

Selain model pembelajaran, dalam dunia pendidikan saat ini telah dikenal banyak istilah yang digunakan untuk mencapai tujuan pembelajaran dan untuk meningkatkan kualitas pembelajaran agar menjadi lebih baik, diantaranya yaitu strategi, pendekatan, metode, teknik dan taktik.

Strategi pembelajaran adalah suatu kegiatan pembelajaran yang harus dikerjakan guru dan siswa agar tujuan pembelajaran dapat dicapai secara efektif dan efisien. Upaya yang harus dilakukan agar tujuan pembelajaran yang telah disusun dapat tercapai secara optimal, memerlukan suatu metode yang digunakan untuk merealisasikan strategi yang telah ditetapkan. Dengan kata lain, strategi dan metode memiliki pengertian yang berbeda, jika strategi menunjukkan pada sebuah perencanaan untuk mencapai sesuatu, maka metode adalah cara yang digunakan untuk melaksanakan strategi tersebut.

Pendekatan dapat diartikan sebagai titik tolak atau sudut pandang terhadap proses pembelajaran. Ada dua pendekatan dalam pembelajaran, yaitu pendekatan yang berpusat pada guru (*teacher centered*) dan pendekatan berpusat pada siswa (*student centered*).

Dari semua istilah-istilah di atas, istilah model pembelajaran mempunyai makna yang lebih luas dari pada strategi, metode dan pendekatan. Model pembelajaran memiliki ciri khusus yang tidak dimiliki oleh ketiganya. Ciri-ciri tersebut adalah :

- a. Rasional teoritis logis yang disusun oleh para pencipta atau pengembangnya
- b. Landasan pemikiran tentang apa dan bagaimana siswa belajar (tujuan pembelajaran yang akan dicapai)
- c. Tingkah laku mengajar yang diperlukan agar model tersebut dapat dilaksanakan dengan berhasil
- d. Lingkungan belajar yang diperlukan agar tujuan pembelajaran itu dapat dicapai

Model Belajar Tuntas (Mastery Learning)

Model belajar tuntas (*Mastery Learning*) adalah pencapaian taraf penguasaan minimal yang ditetapkan untuk setiap unit bahan pelajaran baik secara perseorangan maupun kelompok, dengan kata lain apa yang dipelajari siswa

dapat dikuasai sepenuhnya. (Moh. User Usman, *Upaya Optimalisasi Kegiatan Belajar Mengajar* (Bandung : PT Remaja Rosdakarya, 1993-96), (Made Wena, *Strategi Pembelajaran Inovatif Kontemporer*, (Jakarta: Bumi Aksara, 2011-184) Model belajar tuntas (*Mastery Learning*) ini dikembangkan oleh John B. Carroll (1971) dan Benjamin Bloom (1971). Di Indonesia model belajar tuntas (*Mastery Learning*) ini dipopulerkan oleh Badan Pengembangan Penelitian Pendidikan dan Kebudayaan.

Belajar tuntas menyajikan suatu cara yang sistematis, menarik dan ringkas untuk meningkatkan unjuk kerja siswa ke tingkat pencapaian suatu pokok bahasan yang lebih memuaskan.

Tahap Model Belajar Tuntas (Mastery Learning)

Model belajar tuntas ini terdiri atas lima tahap, yaitu orientasi (*orientation*), penyajian (*presentation*), latihan terstruktur (*structured practice*), latihan terbimbing (*guided practice*) dan latihan mandiri (*independent practice*).

a) Orientasi

Pada tahap ini dilakukan penetapan suatu kerangka isi pembelajaran. Guru akan menjelaskan tujuan pembelajaran, tugas-tugas yang akan dikerjakan dan mengembangkan tanggung jawab siswa selama proses pembelajaran.

b) Penyajian

Pada tahap ini guru menjelaskan konsep-konsep atau keterampilan baru disertai dengan contoh-contoh. Jika yang diajarkan adalah konsep baru, maka penting untuk mengajak siswa mendiskusikan karakteristik konsep, definisi serta konsep. Jika yang diajarkan berupa keterampilan baru, maka penting untuk mengajar siswa mengidentifikasi langkah-langkah kerja keterampilan dan berikan contoh untuk setiap langkah-langkah keterampilan yang diajarkan.

c) Latihan Terstruktur

Pada tahap ini guru memberi siswa contoh praktik penyelesaian masalah/tugas. Dalam tahap ini, siswa perlu diberi beberapa pertanyaan, kemudian guru memberi balikan atas jawaban siswa.

d) Latihan Terbimbing

Pada tahap ini guru memberi kesempatan pada siswa untuk latihan menyelesaikan suatu permasalahan, tetapi masih dibawah bimbingan dalam menyelesaikannya. Melalui kegiatan terbimbing ini memungkinkan guru untuk menilai kemampuan siswa dalam menyelesaikan sejumlah tugas dan melihat kesalahan-kesalahan yang dilakukan siswa. Jadi peran guru dalam tahap ini adalah memantau kegiatan siswa dan memberikan umpan balik yang bersifat korektif jika diperlukan.

e) Latihan Mandiri

Tahap latihan mandiri adalah inti dari strategi ini. Latihan mandiri dilakukan apabila siswa telah mencapai skor unjuk kerja antara 85%-90% dalam tahap latihan terbimbing. Tujuan latihan terbimbing adalah memperkokoh bahan ajar yang baru dipelajari, memastikan daya ingat, serta untuk meningkatkan kelancaran siswa dalam menyelesaikan suatu permasalahan. Dalam tahap ini siswa menyelesaikan tugas tanpa bimbingan ataupun umpan balik dari guru. Kegiatan ini dapat dikerjakan di kelas ataupun berupa PR (Pekerjaan Rumah). Adapun peran guru pada tahap ini adalah memberi nilai hasil kerja siswa setelah selesai mengerjakan tugas secara tuntas. Guru perlu memberikan umpan balik kembali jika siswa masih ada kesalahan dalam pengerjaannya.

Keuntungan Penerapan Model Belajar (Mastery Learning)

- a) Model ini sejalan dengan pandangan psikologi belajar modern yang berpegang pada prinsip perbedaan individual, belajar kelompok.
- b) Model ini memungkinkan siswa belajar lebih aktif yang memberi kesempatan kepada siswa untuk mengembangkan diri sendiri, memecahkan masalah sendiri dengan menemukan dan bekerja sendiri.
- c) Dalam model ini guru dan siswa diminta bekerja sama secara partisipatif dan persuasif, baik dalam proses belajar maupun dalam proses bimbingan terhadap siswa lainnya.
- d) Model ini berorientasi kepada peningkatan produktifitas hasil belajar.

- e) Penilaian yang dilakukan terhadap kemajuan belajar siswa mengandung unsur objektivitas yang tinggi.

Kelemahan Penerapan Model Belajar (Mastery Learning)

- a) Para guru umumnya masih mengalami kesulitan dalam membuat perencanaan belajar tuntas karena penyusunan satuan-satuan pelajaran yang lengkap dan menyeluruh.
- b) Model ini sulit dalam pelaksanaannya karena melibatkan berbagai kegiatan, yang berarti menuntut macam-macam kemampuan yang memadai.
- c) Guru-guru yang sudah terbiasa dengan cara-cara lama akan mengalami hambatan untuk menyelenggarakan model ini yang relatif lebih sulit dan masih baru.
- d) Model ini membutuhkan berbagai fasilitas, perlengkapan, alat, dana. Dan waktu yang cukup besar.
- e) Untuk melaksanakan model ini mengacu kepada penguasaan materi belajar secara tuntas sehingga menuntut para guru agar menguasai materi tersebut secara lebih luas, menyeluruh, dan lebih lengkap. Sehingga para guru harus lebih banyak menggunakan sumber-sumber yang lebih luas.

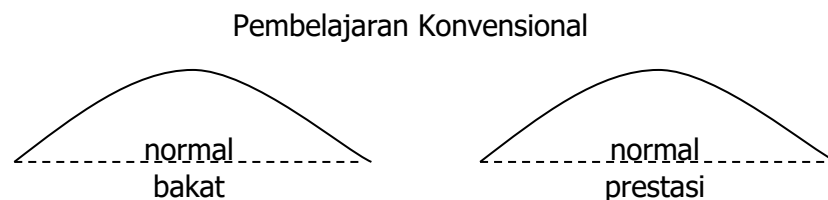
Pembelajaran tuntas (*mastery learning*) dalam proses pembelajaran berbasis kompetensi dimaksudkan adalah pendekatan dalam pembelajaran yang mempersyaratkan peserta didik menguasai secara tuntas seluruh standar kompetensi maupun kompetensi dasar mata pelajaran tertentu. Dalam model yang paling sederhana, dikemukakan bahwa jika setiap peserta didik diberikan waktu sesuai dengan yang diperlukan untuk mencapai suatu tingkat penguasaan, dan jika dia menghabiskan waktu yang diperlukan, maka besar kemungkinan peserta didik akan mencapai tingkat penguasaan kompetensi. Tetapi jika peserta didik tidak diberi cukup waktu atau dia tidak dapat menggunakan waktu yang diperlukan secara penuh, maka tingkat penguasaan kompetensi peserta didik tersebut belum optimal. Block (1971) menyatakan tingkat penguasaan kompetensi peserta didik sebagai berikut :

$$\text{Degree of learning} = \frac{\text{time actually}}{\text{time needed}}$$

Model ini menggambarkan bahwa tingkat penguasaan kompetensi (*degree of learning*) ditentukan oleh seberapa banyak waktu yang benar-benar digunakan (*time actually spent*) untuk belajar dibagi dengan waktu yang diperlukan (*time needed*) untuk menguasai kompetensi tertentu.

Dalam pembelajaran konvensional, bakat (*aptitude*) peserta didik tersebar secara normal. Jika kepada mereka diberikan pembelajaran yang sama dalam jumlah pembelajaran dan waktu yang tersedia untuk belajar, maka hasil belajar yang dicapai akan tersebar secara normal pula. Dalam hal ini dapat dikatakan bahwa hubungan antara bakat dan tingkat penguasaan adalah tinggi. Secara skematis konsep tentang prestasi belajar sebagai dampak pembelajaran dengan pendekatan konvensional dapat digambarkan sebagai berikut:

Gambar 2.1.1 Skema Pembelajaran Konvensional



Sebaliknya, apabila bakat peserta didik tersebar secara normal, dan kepada mereka diberi kesempatan belajar yang sama untuk setiap peserta didik, tetapi diberikan perlakuan yang berbeda dalam kualitas pembelajarannya, maka besar kemungkinan bahwa peserta didik yang dapat mencapai penguasaan akan bertambah banyak. Dalam hal ini hubungan antara bakat dengan keberhasilan akan menjadi semakin kecil.

Secara skematis konsep prestasi belajar sebagai dampak pembelajaran dengan pendekatan pembelajaran tuntas, dapat digambarkan sebagai berikut :

Gambar 2.1.1 Skema Pembelajaran Tuntas

Pembelajaran Tuntas

Dari konsep-konsep di atas, kiranya cukup jelas bahwa harapan dari proses pembelajaran dengan pendekatan belajar tuntas adalah untuk mempertinggi rata-rata prestasi peserta didik dalam belajar dengan memberikan kualitas pembelajaran yang lebih sesuai, bantuan, serta perhatian khusus bagi peserta didik yang lambat agar menguasai standar kompetensi atau kompetensi dasar. Dari konsep tersebut, dapat dikemukakan prinsip-prinsip utama pembelajaran tuntas adalah:

1. Kompetensi yang harus dicapai peserta didik dirumuskan dengan urutan yang hirarkis,
2. Evaluasi yang digunakan adalah penilaian acuan patokan, dan setiap kompetensi harus diberikan *feedback*,
3. Pemberian pembelajaran remedial serta bimbingan yang diperlukan,
4. Pemberian program pengayaan bagi peserta didik yang mencapai ketuntasan belajar lebih awal. (Gentile & Lalley: 2003)

c. Perbedaan antara Pembelajaran Tuntas dengan Pembelajaran Konvensional

Pembelajaran tuntas adalah pola pembelajaran yang menggunakan prinsip ketuntasan secara individual. Dalam hal pemberian kebebasan belajar, serta untuk mengurangi kegagalan peserta didik dalam belajar, strategi belajar tuntas menganut pendekatan individual, dalam arti meskipun kegiatan belajar ditujukan kepada sekelompok peserta didik (klasikal), tetapi mengakui dan melayani perbedaan-perbedaan perorangan peserta didik sedemikian rupa, sehingga dengan penerapan pembelajaran tuntas memungkinkan berkembangnya potensi masing-masing peserta didik secara optimal. Dasar pemikiran dari belajar tuntas dengan pendekatan individual ialah adanya pengakuan terhadap perbedaan individual masing-masing peserta didik.

Untuk merealisasikan pengakuan dan pelayanan terhadap perbedaan individu, pembelajaran harus menggunakan strategi pembelajaran yang berasaskan maju berkelanjutan (*continuous progress*). Untuk itu, pendekatan sistem yang merupakan salah satu prinsip dasar dalam teknologi pembelajaran harus benar-benar dapat diimplementasikan. Salah satu caranya adalah standar kompetensi dan kompetensi dasar harus dinyatakan secara jelas, dan pembelajaran dipecah-pecah ke dalam satuan-satuan (*cremental units*). Peserta didik belajar selangkah demi selangkah dan boleh mempelajari kompetensi dasar berikutnya setelah menguasai sejumlah kompetensi dasar yang ditetapkan menurut kriteria tertentu. Dalam pola ini, seorang peserta didik yang mempelajari unit satuan pembelajaran tertentu dapat berpindah ke unit satuan pembelajaran berikutnya jika peserta didik yang bersangkutan telah menguasai sekurang-kurangnya **75%** dari kompetensi dasar yang ditetapkan. Sedangkan pembelajaran konvensional dalam kaitan ini diartikan sebagai pembelajaran dalam konteks klasikal yang sudah terbiasa dilakukan, sifatnya berpusat pada guru, sehingga pelaksanaannya kurang memperhatikan keseluruhan situasi belajar (non belajar tuntas). Dengan memperhatikan uraian di atas dapat dikemukakan bahwa perbedaan antara pembelajaran tuntas dengan pembelajaran konvensional adalah bahwa pembelajaran tuntas dilakukan melalui asas-asas ketuntasan belajar, sedangkan pembelajaran konvensional pada umumnya kurang memperhatikan ketuntasan belajar khususnya ketuntasan peserta didik secara individual. Secara kualitatif perbandingan ke dua pola tersebut dapat dicermati pada Tabel 2.1.1 berikut.

Tabel 2.1.1	Perbandingan Kualitatif antara Pembelajaran Tuntas dengan Pembelajaran Konvensional		
Langkah	Aspek Pembeda	Pembelajaran Tuntas	Pembelajaran Konvensional
A.Persiapan	1. Tingkat ketuntasan	Diukur dari performance peserta didik dalam setiap unit (satuan kompetensi atau kemampuan dasar). Setiap peserta didik harus mencapai nilai 75	Diukur dari <i>performance</i> peserta didik yang dilakukan secara acak
	2. Satuan Acara Pembelajaran	Dibuat untuk satu minggu pembelajaran, dan dipakai sebagai pedoman guru serta diberikan kepada peserta didik	Dibuat untuk satu minggu pembelajar-an, dan hanya dipakai sebagai pedoman guru
	3. Pandangan terhadap kemampuan peserta didik saat memasuki satuan pembelajaran tertentu	Kemampuan hampir sama, namun tetap ada variasi	Kemampuan peserta didik dianggap sama
B.Pelaksanaan pembelajaran	4. Bentuk pembelajaran dalam satu unit kompetensi atau kemampuan dasar	Dilaksanakan melalui pendekatan klasikal, kelompok dan individual	Dilaksanakan sepenuhnya melalui pendekatan klasikal

Langkah	Aspek Pembeda	Pembelajaran Tuntas	Pembelajaran Konvensional
	5. Cara pembelajaran dalam setiap standar kompetensi atau kompetensi dasar	Pembelajaran dilakukan melalui penjelasan guru (<i>lecture</i>), membaca secara mandiri dan terkontrol, berdiskusi, dan belajar secara individual	Dilakukan melalui mendengarkan (<i>lecture</i>), tanya jawab, dan membaca (tidak terkontrol)
	Orientasi pembelajaran	Pada terminal performance peserta didik (kompetensi atau kemampuan dasar) secara individual	Pada bahan pembelajaran
	7. Peranan guru	Sebagai pengelola pembelajaran untuk memenuhi kebutuhan peserta didik secara individual	Sebagai pengelola pembelajaran untuk memenuhi kebutuhan seluruh peserta didik dalam kelas
	8. Fokus kegiatan pembelajaran	Ditujukan kepada masing-masing peserta didik secara individual	Ditujukan kepada peserta didik dengan kemampuan menengah

Langkah	Aspek Pembeda	Pembelajaran Tuntas	Pembelajaran Konvensional
	9. Penentuan keputusan mengenai satuan pembelajaran	Ditentukan oleh peserta didik dengan bantuan guru	Ditentukan sepenuhnya oleh guru
C.Umpa Balik	10. Instrumen umpa balik	Menggunakan berbagai jenis serta bentuk tagihan secara berkelanjutan	Lebih mengandalkan pada penggunaan tes objektif untuk penggalan waktu tertentu
	11. Cara membantu peserta didik	Menggunakan sistem tutor dalam diskusi kelompok (<i>small-group learning activities</i>) dan tutor yang dilakukan secara individual	Dilakukan oleh guru dalam bentuk tanya jawab secara klasikal

d. *Indikator Pelaksanaan Pembelajaran Tuntas*

Suatu pembelajaran di kelas dikatakan melaksanakan pembelajaran tuntas jika terdapat indikator-indikator sebagai berikut:

1. Metode pembelajaran yang dipakai adalah pendekatan diagnostik preskriptif

Maksudnya adalah pendekatan individual dalam arti meskipun kegiatan belajar ditujukan kepada kelompok siswa (kelas), tetapi mengakui dan melayani perbedaan-perbedaan perorangan siswa sedemikian rupa,

sehingga pembelajaran memungkinkan berkembangnya potensi masing-masing siswa secara optimal.

2. Peran guru harus intensif dalam mendorong keberhasilan siswa secara individual.

Hal-hal yang dapat dilakukan oleh guru, misalnya sebagai berikut:

- a. Menjabarkan/memecah KD ke dalam satuan-satuan yang lebih kecil.
 - b. Menata indikator berdasarkan cakupan serta urutan unit.
 - c. Menyajikan materi dalam bentuk yang bervariasi.
 - d. Memonitor seluruh pekerjaan siswa.
 - e. Menilai perkembangan siswa dalam pencapaian kompetensi.
 - f. Menyediakan sejumlah alternatif strategi pembelajaran bagi siswa yang menjumpai kesulitan.
3. Peran siswa lebih leluasa dalam menentukan jumlah waktu belajar yang diperlukan.
Artinya siswa diberikan kebebasan dalam menetapkan kecepatan pencapaian kompetensi. Kemajuan siswa sangat tertumpu pada usaha serta ketekunan siswa secara individual.
 4. Sistem penilaian menggunakan penilaian berkelanjutan yang mempunyai ciri-ciri sebagai berikut:
 - a. Penilaian dengan sistem blok.
 - b. Tiap blok terdiri dari satu atau lebih kompetensi dasar (KD).
 - c. Hasil penilaian dianalisis dan ditindaklanjuti melalui program remedial, program pengayaan, dan program percepatan.
 - d. Penilaian mencakup aspek kognitif dan psikomotor.
 - e. Aspek afektif dinilai melalui pengamatan dan kuesioner.

Sumber lain menyatakan, beberapa indikator pelaksanaan pembelajaran tuntas adalah:

1. Metode Pembelajaran

Strategi pembelajaran tuntas sebenarnya menganut pendekatan individual, dalam arti meskipun kegiatan belajar ditujukan kepada sekelompok peserta

didik (klasikal), tetapi juga mengakui dan memberikan layanan sesuai dengan perbedaan-perbedaan individual peserta didik, sehingga pembelajaran memungkinkan berkembangnya potensi masing-masing peserta didik secara optimal.

Adapun langkah-langkahnya adalah :

- a. mengidentifikasi prasyarat (*prerequisite*),
- b. membuat tes untuk mengukur perkembangan dan pencapaian kompetensi,
- c. mengukur pencapaian kompetensi peserta didik.

Metode pembelajaran yang sangat ditekankan dalam pembelajaran tuntas adalah pembelajaran individual, pembelajaran dengan teman atau sejawat (*peer instruction*), dan bekerja dalam kelompok kecil. Berbagai jenis metode (multi metode) pembelajaran harus digunakan untuk kelas atau kelompok.

Pembelajaran tuntas sangat mengandalkan pada pendekatan tutorial dengan session-session kelompok kecil, tutorial orang perorang, pembelajaran terprogram, buku-buku kerja, permainan dan pembelajaran berbasis komputer (Kindsvatter, 1996)

2. Peran Guru

Strategi pembelajaran tuntas menekankan pada peran atau tanggung jawab guru dalam mendorong keberhasilan peserta didik secara individual. Pendekatan yang digunakan mendekati model *Personalized System of Instruction (PSI)* seperti dikembangkan oleh Keller, yang lebih menekankan pada interaksi antara peserta didik dengan materi/objek belajar.

Peran guru harus intensif dalam hal-hal berikut:

- a. Menjabarkan/memecah KD (Kompetensi Dasar) ke dalam satuan-satuan (unit-unit) yang lebih kecil dengan memperhatikan pengetahuan prasyaratnya.
- b. Mengembangkan indikator berdasarkan SK/KD.
- c. Menyajikan materi pembelajaran dalam bentuk yang bervariasi

- d. Memonitor seluruh pekerjaan peserta didik
 - e. Menilai perkembangan peserta didik dalam pencapaian kompetensi (kognitif, psikomotor, dan afektif)
 - f. Menggunakan teknik diagnostik
 - g. Menyediakan sejumlah alternatif strategi pembelajaran bagi peserta didik yang mengalami kesulitan
3. Peran Peserta didik
- Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan yang memiliki pendekatan berbasis kompetensi sangat menjunjung tinggi dan menempatkan peran peserta didik sebagai subjek didik. Fokus program pembelajaran bukan pada “Guru dan yang akan dikerjakannya” melainkan pada “Peserta didik dan yang akan dikerjakannya”. Oleh karena itu, pembelajaran tuntas memungkinkan peserta didik lebih leluasa dalam menentukan jumlah waktu belajar yang diperlukan. Artinya, peserta didik diberi kebebasan dalam menetapkan kecepatan pencapaian kompetensinya. Kemajuan peserta didik sangat bertumpu pada usaha serta ketekunannya secara individual.
4. Evaluasi
- Penting untuk dicatat bahwa ketuntasan belajar dalam KTSP ditetapkan dengan penilaian acuan patokan (*criterion referenced*) pada setiap kompetensi dasar dan tidak ditetapkan berdasarkan norma (*norm referenced*). Dalam hal ini batas ketuntasan belajar harus ditetapkan oleh guru, misalnya apakah peserta didik harus mencapai nilai 75, 65, 55, atau sampai nilai berapa seorang peserta didik dinyatakan mencapai ketuntasan dalam belajar.
- Asumsi dasarnya adalah:
- a. bahwa semua orang bisa belajar apa saja, hanya waktu yang diperlukan berbeda,
 - b. standar harus ditetapkan terlebih dahulu, dan hasil evaluasi adalah *lulus* atau *tidak lulus*. (Gentile & Lalley: 2003)

Sistem evaluasi menggunakan penilaian berkelanjutan, yang ciri-cirinya adalah:

- a. Ulangan dilaksanakan untuk melihat ketuntasan setiap Kompetensi Dasar
- b. Ulangan dapat dilaksanakan terdiri atas satu atau lebih Kompetensi Dasar (KD)
- c. Hasil ulangan dianalisis dan ditindaklanjuti melalui program remedial dan program pengayaan.
- d. Ulangan mencakup aspek kognitif dan psikomotor
- e. Aspek afektif diukur melalui kegiatan inventori afektif seperti pengamatan, kuesioner, dsb.

Sistem penilaian mencakup jenis tagihan serta bentuk instrumen/soal. Dalam pembelajaran tuntas tes diusahakan disusun berdasarkan indikator sebagai alat diagnosis terhadap program pembelajaran. Dengan menggunakan tes diagnostik yang dirancang secara baik, peserta didik dimungkinkan dapat menilai sendiri hasil tesnya, termasuk mengenali di mana ia mengalami kesulitan dengan segera. Sedangkan penentuan batas pencapaian ketuntasan belajar, meskipun umumnya disepakati pada skor/nilai 75 (75%) namun batas ketuntasan yang paling realistik atau paling sesuai adalah ditetapkan oleh guru mata pelajaran, sehingga memungkinkan adanya perbedaan dalam penentuan batas ketuntasan untuk setiap KD maupun pada setiap sekolah dan atau daerah.

Sebagai tindak lanjut dari pembelajaran tuntas adalah program remedial dan pengayaan. Program remedial dilakukan bilamana peserta didik belum memenuhi yang dipersyaratkan, sedangkan program pengayaan diberikan bilamana peserta didik telah mampu bahkan melebihi yang telah dipersyaratkan

2. Program Remedial

Dalam kegiatan pembelajaran termasuk pembelajaran mandiri selalu dijumpai adanya peserta didik yang mengalami kesulitan dalam mencapai standar kompetensi,

kompetensi dasar dan penguasaan materi pembelajaran yang telah ditentukan. Secara garis besar kesulitan dimaksud dapat berupa kurangnya pengetahuan prasyarat, kesulitan memahami materi pembelajaran, maupun kesulitan dalam mengerjakan tugas-tugas latihan dan menyelesaikan soal-soal ulangan. Secara khusus, kesulitan yang dijumpai peserta didik dapat berupa tidak dikuasainya kompetensi dasar mata pelajaran tertentu, misalnya operasi bilangan dalam matematika; atau membaca dan menulis dalam pelajaran bahasa. Agar peserta didik dapat memecahkan kesulitan tersebut perlu adanya bantuan. Bantuan dimaksud berupa pemberian pembelajaran remedial atau perbaikan. Untuk keperluan pemberian pembelajaran remedial perlu dipilih strategi dan langkah-langkah yang tepat setelah terlebih dahulu diadakan diagnosis terhadap kesulitan belajar yang dialami peserta didik.

Sehubungan dengan hal-hal tersebut, satuan pendidikan perlu menyusun rencana sistematis pemberian pembelajaran remedial untuk membantu mengatasi kesulitan belajar peserta didik.

Penyusunan materi modul ini bertujuan:

1. Memberikan pemahaman lebih luas bagaimana menyelenggarakan pembelajaran remedial.
2. Memberikan alternatif penyelenggaraan pembelajaran remedial yang diselenggarakan oleh satuan pendidikan atau pendidik.
3. Memberikan layanan optimal melalui proses pembelajaran remedial.

Ruang lingkup modul ini meliputi: pembelajaran remedial, hakikat pembelajaran remedial, dan pelaksanaan pembelajaran remedial.

a. Pembelajaran Remedial

Standar nasional pendidikan bertujuan menjamin mutu pendidikan nasional dalam rangka mencerdaskan kehidupan bangsa dan membentuk watak serta peradaban bangsa yang bermartabat. Dalam rangka mencapai tujuan tersebut, Peraturan Pemerintah nomor 19 Tahun 2005 tentang Standar Nasional Pendidikan (PP No. 19/2005) menetapkan 8 standar yang harus dipenuhi dalam

melaksanakan pendidikan. Kedelapan standar dimaksud meliputi standar isi, standar proses, standar kompetensi lulusan, standar pendidik dan tenaga kependidikan, standar sarana dan prasarana, standar pengelolaan, standar pembiayaan, dan standar penilaian pendidikan.

Secara khusus, dalam rangka mencapai tujuan pendidikan nasional tersebut, kompetensi yang harus dikuasai oleh peserta didik setelah melaksanakan kegiatan pembelajaran ditetapkan dalam standar isi dan standar kompetensi kelulusan. Standar isi memuat standar kompetensi (SK) dan kompetensi dasar (KD) yang harus dikuasai peserta didik dalam mempelajari suatu mata pelajaran. Standar kompetensi lulusan (SKL) berisikan kompetensi yang harus dikuasai peserta didik pada setiap satuan pendidikan. Berkenaan dengan materi yang harus dipelajari, diatur dalam silabus dan RPP (Rencana Pelaksanaan Pembelajaran) yang dikembangkan oleh pendidik. Menurut pasal 6 PP no.19 Tahun 2005, terdapat 5 kelompok mata pelajaran yang harus dipelajari peserta didik pada jenjang pendidikan dasar dan menengah untuk jenis pendidikan umum, kejuruan dan khusus. Kelima kelompok mata pelajaran tersebut meliputi kelompok mata pelajaran: agama dan akhlak mulia, kewarganegaraan dan kepribadian, ilmu pengetahuan dan teknologi, estetika, jasmani, olah raga, dan kesehatan.

Dalam rangka membantu peserta didik mencapai standar isi dan standar kompetensi lulusan, pelaksanaan atau proses pembelajaran perlu diusahakan agar interaktif, inspiratif, menyenangkan, menantang, memotivasi peserta didik untuk berpartisipasi aktif, serta memberikan kesempatan yang cukup bagi prakarsa, kreativitas, dan kemandirian sesuai dengan bakat, minat, dan perkembangan fisik serta psikologis peserta didik.

Tidak dapat dipungkiri bahwa untuk mencapai tujuan dan prinsip-prinsip pembelajaran tersebut pasti dijumpai adanya peserta didik yang mengalami kesulitan atau masalah belajar. Untuk mengatasi masalah-masalah tersebut, setiap satuan pendidikan perlu menyelenggarakan program pembelajaran remedial atau perbaikan.

b. Hakikat Pembelajaran Remedial

Pembelajaran remedial merupakan layanan pendidikan yang diberikan kepada peserta didik untuk memperbaiki prestasi belajarnya sehingga mencapai kriteria ketuntasan yang ditetapkan. Untuk memahami konsep penyelenggaraan model pembelajaran remedial, terlebih dahulu perlu diperhatikan bahwa Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan (KTSP) yang diberlakukan berdasarkan Permendiknas 22, 23, 24 Tahun 2006 dan Permendiknas No. 6 Tahun 2007 menerapkan sistem pembelajaran berbasis kompetensi, sistem belajar tuntas, dan sistem pembelajaran yang memperhatikan perbedaan individual peserta didik. Sistem dimaksud ditandai dengan dirumuskannya secara jelas standar kompetensi (SK) dan kompetensi dasar (KD) yang harus dikuasai peserta didik. Penguasaan SK dan KD setiap peserta didik diukur menggunakan sistem penilaian acuan kriteria. Jika seorang peserta didik mencapai standar tertentu maka peserta didik dinyatakan telah mencapai ketuntasan.

Pelaksanaan pembelajaran berbasis kompetensi dan pembelajaran tuntas, dimulai dari penilaian kemampuan awal peserta didik terhadap kompetensi atau materi yang akan dipelajari. Kemudian dilaksanakan pembelajaran menggunakan berbagai metode seperti ceramah, demonstrasi, pembelajaran kolaboratif/kooperatif, inkuiri, diskoveri, dsb. Melengkapi metode pembelajaran digunakan juga berbagai media seperti media audio, video, dan audiovisual dalam berbagai format, mulai dari kaset audio, slide, video, komputer, multimedia, dsb. Di tengah pelaksanaan pembelajaran atau pada saat kegiatan pembelajaran sedang berlangsung, diadakan penilaian proses menggunakan berbagai teknik dan instrumen dengan tujuan untuk mengetahui kemajuan belajar serta seberapa jauh penguasaan peserta didik terhadap kompetensi yang telah atau sedang dipelajari. Pada akhir program pembelajaran, diadakan penilaian yang lebih formal berupa ulangan harian. Ulangan harian dimaksudkan untuk menentukan tingkat pencapaian belajar peserta didik, apakah seorang peserta didik gagal atau berhasil mencapai tingkat penguasaan tertentu yang telah dirumuskan pada saat pembelajaran direncanakan.

Apabila dijumpai adanya peserta didik yang tidak mencapai penguasaan kompetensi yang telah ditentukan, maka muncul permasalahan mengenai apa yang harus dilakukan oleh pendidik. Salah satu tindakan yang diperlukan adalah pemberian program pembelajaran remedial atau perbaikan. Dengan kata lain, remedial diperlukan bagi peserta didik yang belum mencapai kemampuan minimal yang ditetapkan dalam rencana pelaksanaan pembelajaran. Pemberian program pembelajaran remedial didasarkan atas latar belakang bahwa pendidik perlu memperhatikan perbedaan individual peserta didik.

Dengan diberikannya pembelajaran remedial bagi peserta didik yang belum mencapai tingkat ketuntasan belajar, maka peserta didik ini memerlukan waktu lebih lama daripada mereka yang telah mencapai tingkat penguasaan. Mereka juga perlu menempuh penilaian kembali setelah mendapatkan program pembelajaran remedial.

c. *Prinsip Pembelajaran Remedial*

Pembelajaran remedial merupakan pemberian perlakuan khusus terhadap peserta didik yang mengalami hambatan dalam kegiatan belajarnya. Hambatan yang terjadi dapat berupa kurangnya pengetahuan dan keterampilan prasyarat atau lambat dalam mencapai kompetensi. Beberapa prinsip yang perlu diperhatikan dalam pembelajaran remedial sesuai dengan sifatnya sebagai pelayanan khusus antara lain:

1. Adaptif

Setiap peserta didik memiliki keunikan sendiri-sendiri. Oleh karena itu program pembelajaran remedial hendaknya memungkinkan peserta didik untuk belajar sesuai dengan kecepatan, kesempatan, dan gaya belajar masing-masing. Dengan kata lain, pembelajaran remedial harus mengakomodasi perbedaan individual peserta didik.

2. Interaktif

Pembelajaran remedial hendaknya memungkinkan peserta didik untuk secara intensif berinteraksi dengan pendidik dan sumber belajar yang tersedia. Hal ini didasarkan atas pertimbangan bahwa kegiatan belajar

peserta didik yang bersifat perbaikan perlu selalu mendapatkan monitoring dan pengawasan agar diketahui kemajuan belajarnya. Jika dijumpai adanya peserta didik yang mengalami kesulitan segera diberikan bantuan.

3. Fleksibilitas dalam Metode Pembelajaran dan Penilaian

Sejalan dengan sifat keunikan dan kesulitan belajar peserta didik yang berbeda-beda, maka dalam pembelajaran remedial perlu digunakan berbagai metode mengajar dan metode penilaian yang sesuai dengan karakteristik peserta didik.

4. Pemberian Umpan Balik Sesegera Mungkin

Umpan balik berupa informasi yang diberikan kepada peserta didik mengenai kemajuan belajarnya perlu diberikan sesegera mungkin. Umpan balik dapat bersifat korektif maupun konfirmatif. Dengan sesegera mungkin memberikan umpan balik dapat dihindari kekeliruan belajar yang berlarut-larut yang dialami peserta didik.

5. Kesenambungan dan Ketersediaan dalam Pemberian Pelayanan

Program pembelajaran reguler dengan pembelajaran remedial merupakan satu kesatuan, dengan demikian program pembelajaran reguler dengan remedial harus berkesinambungan dan programnya selalu tersedia agar setiap saat peserta didik dapat mengaksesnya sesuai dengan kesempatan masing-masing.

d. *Bentuk Kegiatan Remedial*

Dengan memperhatikan pengertian dan prinsip pembelajaran remedial tersebut, maka pembelajaran remedial dapat diselenggarakan dengan berbagai kegiatanantara lain:

1. Memberikan tambahan penjelasan atau contoh

Peserta didik kadang-kadang mengalami kesulitan memahami penyampaian materi pembelajaran untuk mencapai kompetensi yang disajikan hanya sekali, apalagi kurang ilustrasi dan contoh. Pemberian tambahan ilustrasi, contoh dan bukan contoh untuk pembelajaran konsep misalnya akan membantu pembentukan konsep pada diri peserta didik.

2. Menggunakan strategi pembelajaran yang berbeda dengan sebelumnya
Penggunaan alternatif berbagai strategipembelajaran akan memungkinkan peserta didik dapat mengatasi masalah pembelajaran yang dihadapi.
3. Mengkaji ulang pembelajaran yang lalu.
Penerapan prinsip pengulangan dalam pembelajaran akan membantu peserta didik menangkap pesan pembelajaran. Pengulangan dapat dilakukan dengan menggunakan metode dan media yang sama atau metode dan media yang berbeda.
4. Menggunakan berbagai jenis media
Penggunaan berbagai jenis media dapat menarik perhatian peserta didik. Perhatian memegang peranan penting dalam proses pembelajaran. Semakin memperhatikan, hasil belajar akan lebih baik. Namun peserta didik seringkali mengalami kesulitan untuk memperhatikan atau berkonsentrasi dalam waktu yang lama. Agar perhatian peserta didik terkonsentrasi pada materi pelajaran perlu digunakan berbagai media untuk mengendalikan perhatian peserta didik.

e. *Pelaksanaan Pembelajaran Remedial*

Pembelajaran remedial pada hakikatnya adalah pemberian bantuan bagi peserta didik yang mengalami kesulitan atau kelambatan belajar. Sehubungan dengan itu, langkah-langkah yang perlu dikerjakan dalam pemberian pembelajaran remedial meliputi dua langkah pokok, yaitu pertama mendiagnosis kesulitan belajar, dan kedua memberikan perlakuan (*treatment*) pembelajaran remedial.

1) Diagnosis Kesulitan Belajar

Tujuan

Diagnosis kesulitan belajar dimaksudkan untuk mengetahui tingkat kesulitan belajar peserta didik. Kesulitan belajar dapat dibedakan menjadi kesulitan ringan, sedang dan berat.

Kesulitan belajar ringan biasanya dijumpai pada peserta didik yang kurang perhatian di saat mengikuti pembelajaran.

Kesulitan belajar sedang dijumpai pada peserta didik yang mengalami gangguan belajar yang berasal dari luar diri peserta didik, misalnya faktor keluarga, lingkungan tempat tinggal, pergaulan, dsb.

Kesulitan belajar berat dijumpai pada peserta didik yang mengalami ketunaan pada diri mereka, misalnya tuna rungu, tuna netra, tuna daksa, dsb.

Teknik

Teknik yang dapat digunakan untuk mendiagnosis kesulitan belajar antara lain: tes prasyarat (prasyarat pengetahuan, prasyarat keterampilan), tes diagnostik, wawancara, pengamatan, dsb.

Tes prasyarat adalah tes yang digunakan untuk mengetahui apakah prasyarat yang diperlukan untuk mencapai penguasaan kompetensi tertentu terpenuhi atau belum. Prasyarat ini meliputi prasyarat pengetahuan dan prasyarat keterampilan.

Tes diagnostik digunakan untuk mengetahui kesulitan peserta didik dalam menguasai kompetensi tertentu. Misalnya dalam mempelajari operasi bilangan, apakah peserta didik mengalami kesulitan pada kompetensi penambahan, pengurangan, pembagian, atau perkalian.

Wawancara dilakukan dengan mengadakan interaksi lisan dengan peserta didik untuk menggali lebih dalam mengenai kesulitan belajar yang dijumpai peserta didik.

Pengamatan (observasi) dilakukan dengan jalan melihat secara cermat perilaku belajar peserta didik. Dari pengamatan tersebut diharapkan dapat diketahui jenis maupun penyebab kesulitan belajar peserta didik

2) Bentuk Pelaksanaan Pembelajaran Remedial

Setelah diketahui kesulitan belajar yang dihadapi peserta didik, langkah berikutnya adalah memberikan perlakuan berupa pembelajaran remedial.

Bentuk-bentuk pelaksanaan pembelajaran remedial antara lain:

1. Pemberian pembelajaran ulang dengan metode dan media yang berbeda.

Pembelajaran ulang dapat disampaikan dengan cara penyederhanaan materi, variasi cara penyajian, penyederhanaan tes/pertanyaan. Pembelajaran ulang dilakukan bilamana sebagian besar atau semua peserta didik belum mencapai ketuntasan belajar atau mengalami kesulitan belajar. Pendidik perlu memberikan penjelasan kembali dengan menggunakan metode dan/atau media yang lebih tepat.

2. Pemberian bimbingan secara khusus, misalnya bimbingan perorangan. Dalam hal pembelajaran klasikal peserta didik mengalami kesulitan, perlu dipilih alternatif tindak lanjut berupa pemberian bimbingan secara individual. Pemberian bimbingan perorangan merupakan implikasi peran pendidik sebagai tutor. Sistem tutorial dilaksanakan bilamana terdapat satu atau beberapa peserta didik yang belum berhasil mencapai ketuntasan.
3. Pemberian tugas-tugas latihan secara khusus. Dalam rangka menerapkan prinsip pengulangan, tugas-tugas latihan perlu diperbanyak agar peserta didik tidak mengalami kesulitan dalam mengerjakan tes akhir. Peserta didik perlu diberi latihan intensif (*drill*) untuk membantu menguasai kompetensi yang ditetapkan.
4. Pemanfaatan tutor sebaya. Tutor sebaya adalah teman sekelas yang memiliki kecepatan belajar lebih. Mereka perlu dimanfaatkan untuk memberikan tutorial kepada rekannya yang mengalami kelambatan belajar. Dengan teman sebaya diharapkan peserta didik yang mengalami kesulitan belajar akan lebih terbuka dan akrab.

Hasil belajar yang menunjukkan tingkat pencapaian kompetensi melalui penilaian diperoleh dari penilaian proses dan penilaian hasil. Penilaian proses diperoleh melalui postes, tes kinerja, observasi dan lain-lain. Sedangkan penilaian hasil diperoleh melalui ulangan harian, ulangan tengah semester dan ulangan akhir semester.

Jika peserta didik tidak lulus karena penilaian hasil maka sebaiknya hanya mengulang tes tersebut dengan pembelajaran ulang jika diperlukan. Namun apabila ketidaklulusan akibat penilaian proses yang tidak diikuti (misalnya kinerja praktik, diskusi/presentasi kelompok) maka sebaiknya peserta didik mengulang semua proses yang harus diikuti

3) Waktu Pelaksanaan Pembelajaran Remedial

Terdapat beberapa alternatif berkenaan dengan waktu atau kapan pembelajaran remedial dilaksanakan. Pertanyaan yang timbul, apakah pembelajaran remedial diberikan pada setiap akhir ulangan harian, mingguan, akhir bulan, tengah semester, atau akhir semester. Ataukah pembelajaran remedial itu diberikan setelah peserta didik mempelajari SK atau KD tertentu? Pembelajaran remedial dapat diberikan setelah peserta didik mempelajari KD tertentu. Namun karena dalam setiap SK terdapat beberapa KD, maka terlalu sulit bagi pendidik untuk melaksanakan pembelajaran remedial setiap selesai mempelajari KD tertentu. Mengingat indikator keberhasilan belajar peserta didik adalah tingkat ketuntasan dalam mencapai SK yang terdiri dari beberapa KD, maka pembelajaran remedial dapat juga diberikan setelah peserta didik menempuh tes SK yang terdiri dari beberapa KD. Hal ini didasarkan atas pertimbangan bahwa SK merupakan satu kebulatan kemampuan yang terdiri dari beberapa KD. Mereka yang belum mencapai penguasaan SK tertentu perlu mengikuti program pembelajaran remedial.

4) Tes Ulang

Tes ulang diberikan kepada peserta didik yang telah mengikuti program pembelajaran remedial agar dapat diketahui apakah peserta didik telah mencapai ketuntasan dalam penguasaan kompetensi yang telah ditentukan.

5) Nilai Hasil Remedial

Nilai hasil remedial tidak melebihi nilai KKM.

Peserta didik memiliki kemampuan dan karakteristik yang berbeda-beda. Sesuai dengan kemampuan dan karakteristik yang berbeda-beda tersebut

maka permasalahan yang dihadapi berbeda-beda pula. Dalam melaksanakan pembelajaran, pendidik perlu tanggap terhadap kesulitan yang dihadapi peserta didik.

Dalam rangka pelaksanaan pembelajaran berbasis kompetensi dan pembelajaran tuntas, peserta didik yang gagal mencapai tingkat pencapaian kompetensi yang telah ditentukan perlu diberikan pembelajaran remedial (perbaikan). Beberapa prinsip yang perlu diperhatikan dalam pemberian pembelajaran remedial antara lain adaptif, interaktif, fleksibel, pemberian umpan balik, dan ketersediaan program sepanjang waktu.

Sebelum memberikan pembelajaran remedial, terlebih dahulu pendidik perlu melaksanakan diagnosis terhadap kesulitan belajar peserta didik. Banyak teknik yang dapat digunakan, antara lain menggunakan tes, wawancara, pengamatan, dan sebagainya.

Setelah diketahui kesulitan belajarnya, peserta didik diberikan pembelajaran remedial. Banyak teknik dapat digunakan, misalnya pembelajaran ulang dengan metode dan media yang berbeda, penyederhanaan materi, pemanfaatan tutor sebaya, dan sebagainya.

Dalam memberikan pembelajaran remedial perlu dipertimbangkan kapan pembelajaran tersebut diberikan. Sesuai dengan prinsip pembelajaran berbasis kompetensi dan pembelajaran tuntas, maka pembelajaran remedial dapat diberikan setelah peserta didik satu atau beberapa kompetensi dasar. Untuk mengetahui tingkat penguasaan peserta didik setelah menempuh remedial, perlu diberikan tes ulang.

3. Program Pengayaan

Dalam kegiatan pembelajaran tidak jarang dijumpai adanya peserta didik yang lebih cepat dalam mencapai standar kompetensi, kompetensi dasar dan penguasaan materi pelajaran yang telah ditentukan. Peserta didik kelompok ini tidak mengalami kesulitan dalam memahami materi pembelajaran maupun mengerjakan tugas-tugas atau latihan dan menyelesaikan soal-soal ulangan sebagai indikator penguasaan kompetensi. Peserta didik yang telah mencapai kompetensi lebih cepat dari peserta

didik lain dapat mengembangkan dan memperdalam kecakapannya secara optimal melalui pembelajaran pengayaan. Untuk keperluan pemberian pembelajaran pengayaan perlu dipilih strategi dan langkah-langkah yang tepat setelah terlebih dahulu dilakukan identifikasi terhadap potensi lebih yang dimiliki peserta didik.

Sehubungan dengan hal-hal tersebut, sekolah perlu menyusun rencana sistematis pemberian pembelajaran pengayaan untuk membantu perkembangan potensi peserta didik secara optimal.

Panduan pembelajaran pengayaan ini bertujuan untuk menyamakan pemahaman mengenai pengayaan dan membantu guru mengembangkan pembelajaran pengayaan

Ruang lingkup panduan ini menyajikan latar belakang dan tujuan penyusunan panduan pembelajaran pengayaan, hakikat pembelajaran pengayaan, pelaksanaan, dan penilaian pembelajaran pengayaan.

a. Pembelajaran Menurut Standar Nasional Pendidikan

Standar nasional pendidikan bertujuan menjamin mutu pendidikan nasional dalam rangka mencerdaskan kehidupan bangsa dan membentuk watak serta peradaban bangsa yang bermartabat. Dalam rangka mencapai tujuan tersebut, Peraturan Pemerintah nomor 19 Tahun 2005 tentang Standar Nasional Pendidikan menetapkan 8 standar yang harus dipenuhi dalam melaksanakan pendidikan. Kedelapan standar dimaksud meliputi standar isi, standar proses, standar kompetensi lulusan, standar pendidik dan tenaga kependidikan, standar sarana dan prasarana, standar pengelolaan, standar pembiayaan, dan standar penilaian pendidikan.

Dalam rangka mencapai tujuan pendidikan nasional tersebut, kompetensi yang harus dikuasai oleh peserta didik setelah melaksanakan kegiatan pembelajaran ditetapkan dalam standar isi dan standar kompetensi lulusan. Standar isi (SI) memuat standar kompetensi (SK) dan kompetensi dasar (KD) yang harus dikuasai peserta didik dalam mempelajari mata pelajaran tertentu. Standar kompetensi lulusan (SKL) berisikan kompetensi yang harus dikuasai peserta didik pada setiap satuan pendidikan. Sementara berkenaan dengan materi yang harus dipelajari,

disajikan dalam silabus dan RPP (Rencana Pelaksanaan Pembelajaran) yang dikembangkan oleh guru. Menurut pasal 6 PP. 19 Th. 2005, terdapat 5 kelompok mata pelajaran yang harus dipelajari peserta didik pada jenjang pendidikan dasar dan menengah untuk jenis pendidikan umum, kejuruan, dan khusus. Kelima kelompok mata pelajaran tersebut meliputi: agama dan akhlak mulia; kewarganegaraan dan kepribadian; ilmu pengetahuan dan teknologi; estetika; jasmani, olah raga, dan kesehatan.

Dalam rangka membantu peserta didik mencapai standar isi dan standar kompetensi lulusan, pelaksanaan atau proses pembelajaran perlu diusahakan agar interaktif, inspiratif, menyenangkan, menantang, memotivasi peserta didik untuk berpartisipasi aktif, serta memberikan kesempatan yang cukup bagi prakarsa, kreativitas, dan kemandirian sesuai dengan bakat, minat, dan perkembangan fisik serta psikologis peserta didik.

Untuk mencapai tujuan dan prinsip-prinsip pembelajaran tersebut tidak jarang dijumpai adanya peserta didik yang memerlukan tantangan berlebih untuk mengoptimalkan perkembangan prakarsa, kreativitas, partisipasi, kemandirian, minat, bakat, keterampilan fisik, dsb. Untuk mengantisipasi potensi lebih yang dimiliki peserta didik tersebut, setiap satuan pendidikan perlu menyelenggarakan program pembelajaran pengayaan.

b. Hakikat Pembelajaran Pengayaan

Secara umum pengayaan dapat diartikan sebagai pengalaman atau kegiatan peserta didik yang melampaui persyaratan minimal yang ditentukan oleh kurikulum dan tidak semua peserta didik dapat melakukannya.

Untuk memahami pengertian program pembelajaran pengayaan, terlebih dahulu perlu diperhatikan bahwa Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan (KTSP) yang berlaku berdasar Permendiknas 22, 23, dan 24 Tahun 2006 pada dasarnya menganut sistem pembelajaran berbasis kompetensi, sistem pembelajaran tuntas, dan sistem pembelajaran yang memperhatikan dan melayani perbedaan individual peserta didik. Sistem dimaksud ditandai dengan dirumuskannya secara jelas standar kompetensi (SK) dan kompetensi dasar (KD) yang harus

dikuasai peserta didik. Penguasaan SK dan KD setiap peserta didik diukur dengan menggunakan sistem penilaian acuan kriteria (PAK). Jika seorang peserta didik mencapai standar tertentu maka peserta didik tersebut dipandang telah mencapai ketuntasan.

Dalam pelaksanaan pembelajaran berbasis kompetensi dan pembelajaran tuntas, lazimnya guru mengadakan penilaian awal untuk mengetahui kemampuan peserta didik terhadap kompetensi atau materi yang akan dipelajari sebelum pembelajaran dimulai. Kemudian dilaksanakan pembelajaran dengan menggunakan berbagai strategi seperti ceramah, demonstrasi, pembelajaran kolaboratif/kooperatif, inkuiri, diskoveri, dsb. Melengkapi strategi pembelajaran digunakan juga berbagai media seperti media audio, video, dan audiovisual dalam berbagai format, mulai dari kaset audio, slide, video, komputer multimedia, dsb. Di tengah pelaksanaan pembelajaran atau pada saat kegiatan pembelajaran sedang berlangsung, diadakan penilaian proses dengan menggunakan berbagai teknik dan instrumen dengan tujuan untuk mengetahui kemajuan belajar serta seberapa jauh penguasaan peserta didik terhadap kompetensi yang telah atau sedang dipelajari. Penilaian proses juga digunakan untuk memperbaiki proses pembelajaran bila dijumpai hambatan-hambatan.

Pada akhir program pembelajaran, diadakan penilaian yang lebih formal berupa ulangan harian. Ulangan harian dimaksudkan untuk menentukan tingkat pencapaian belajar, apakah seorang peserta didik gagal atau berhasil mencapai tingkat penguasaan kompetensi tertentu. Penilaian akhir program ini dimaksudkan untuk menjawab pertanyaan apakah peserta didik telah mencapai kompetensi (tingkat penguasaan) minimal atau ketuntasan belajar seperti yang telah dirumuskan pada saat pembelajaran direncanakan.

Jika ada peserta didik yang lebih mudah dan cepat mencapai penguasaan kompetensi minimal yang ditetapkan, maka sekolah perlu memberikan perlakuan khusus berupa program pembelajaran pengayaan. Pembelajaran pengayaan merupakan pembelajaran tambahan dengan tujuan untuk memberikan kesempatan pembelajaran baru bagi peserta didik yang memiliki

kelebihan sedemikain rupa sehingga mereka dapat mengoptimalkan perkembangan minat, bakat, dan kecakapannya. Pembelajaran pengayaan berupaya mengembangkan keterampilan berpikir, kreativitas, keterampilan memecahkan masalah, eksperimentasi, inovasi, penemuan, keterampilan seni, keterampilan gerak, dsb. Pembelajaran pengayaan memberikan pelayanan kepada peserta didik yang memiliki kecerdasan lebih dengan tantangan belajar yang lebih tinggi untuk membantu mereka mencapai kapasitas optimal dalam belajarnya.

c. *Jenis Pembelajaran Pengayaan*

Ada tiga jenis pembelajaran pengayaan, yaitu:

1. Kegiatan eksploratori yang bersifat umum yang dirancang untuk disajikan kepada peserta didik. Sajian dimaksud berupa peristiwa sejarah, buku, tokoh masyarakat, dsb, yang secara regular tidak tercakup dalam kurikulum.
2. Keterampilan proses yang diperlukan oleh peserta didik agar berhasil dalam melakukan pendalaman dan investigasi terhadap topik yang diminati dalam bentuk pembelajaran mandiri.
3. Pemecahan masalah yang diberikan kepada peserta didik yang memiliki kemampuan belajar lebih tinggi berupa pemecahan masalah nyata dengan menggunakan pendekatan pemecahan masalah atau pendekatan investigatif/ penelitian ilmiah.

Pemecahan masalah ditandai dengan:

- a. Identifikasi bidang permasalahan yang akan dikerjakan;
- b. Penentuan fokus masalah/problem yang akan dipecahkan;
- c. Penggunaan berbagai sumber;
- d. Pengumpulan data menggunakan teknik yang relevan;
- e. Analisis data;
- f. Penyimpulan hasil investigasi.

Sekolah tertentu, khususnya yang memiliki peserta didik lebih cepat belajar dibanding sekolah-sekolah pada umumnya, dapat menaikkan tuntutan

kompetensi melebihi standar isi. Misalnya sekolah-sekolah yang menginginkan memiliki keunggulan khusus.

d. *Pelaksanaan Pembelajaran Pengayaan*

Pemberian pembelajaran pengayaan pada hakikatnya adalah pemberian bantuan bagi peserta didik yang memiliki kemampuan lebih, baik dalam kecepatan maupun kualitas belajarnya. Agar pemberian pengayaan tepat sasaran maka perlu ditempuh langkah-langkah sistematis, yaitu pertama mengidentifikasi kelebihan kemampuan peserta didik, dan kedua memberikan perlakuan (*treatment*) pembelajaran pengayaan.

1) Identifikasi Kelebihan Kemampuan Belajar

Identifikasi kemampuan berlebih peserta didik dimaksudkan untuk mengetahui jenis serta tingkat kelebihan belajar peserta didik. Kelebihan kemampuan belajar itu antara lain meliputi:

a. Belajar lebih cepat.

Peserta didik yang memiliki kecepatan belajar tinggi ditandai dengan cepatnya penguasaan kompetensi (SK/KD) mata pelajaran tertentu.

b. Menyimpan informasi lebih mudah

Peserta didik yang memiliki kemampuan menyimpan informasi lebih mudah, akan memiliki banyak informasi yang tersimpan dalam memori/ingatannya dan mudah diakses untuk digunakan.

c. Keingintahuan yang tinggi

Banyak bertanya dan menyelidiki merupakan tanda bahwa seorang peserta didik memiliki hasrat ingin tahu yang tinggi.

d. Berpikir mandiri.

Peserta didik dengan kemampuan berpikir mandiri umumnya lebih menyukai tugas mandiri serta mempunyai kapasitas sebagai pemimpin.

e. Superior dalam berpikir abstrak.

Peserta didik yang superior dalam berpikir abstrak umumnya menyukai kegiatan pemecahan masalah.

f. Memiliki banyak minat.

Mudah termotivasi untuk meminati masalah baru dan berpartisipasi dalam banyak kegiatan.

Teknik yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi kemampuan berlebih peserta didik dapat dilakukan antara lain melalui : tes IQ, tes inventori, wawancara, pengamatan, dsb.

- a. Tes IQ (*Intelligence Quotient*) adalah tes yang digunakan untuk mengetahui tingkat kecerdasan peserta didik. Dari tes ini dapat diketahui tingkat kemampuan spasial, interpersonal, musikal, intrapersonal, verbal, logik/matematik, kinestetik, naturalistik, dsb.
- b. Tes inventori
Tes inventori digunakan untuk menemukan dan mengumpulkan data mengenai bakat, minat, hobi, kebiasaan belajar, dsb.
- c. Wawancara
Wawancara dilakukan dengan mengadakan interaksi lisan dengan peserta didik untuk menggali lebih dalam mengenai program pengayaan yang diminati peserta didik.
- d. Pengamatan (observasi)
Pengamatan dilakukan dengan jalan melihat secara cermat perilaku belajar peserta didik. Dari pengamatan tersebut diharapkan dapat diketahui jenis maupun tingkat pengayaan yang perlu diprogramkan untuk peserta didik.

2) Bentuk Pelaksanaan Pembelajaran Pengayaan

Bentuk-bentuk pelaksanaan pembelajaran pengayaan dapat dilakukan antara lain melalui:

1. Belajar Kelompok

Sekelompok peserta didik yang memiliki minat tertentu diberikan pembelajaran bersama pada jam-jam pelajaran sekolah biasa, sambil menunggu teman-temannya yang mengikuti pembelajaran remedial karena belum mencapai ketuntasan.

2. Belajar mandiri.

Secara mandiri peserta didik belajar mengenai sesuatu yang diminati.

3. Pembelajaran berbasis tema.

Memadukan kurikulum di bawah tema besar sehingga peserta didik dapat mempelajari hubungan antara berbagai disiplin ilmu.

4. Pemadatan kurikulum.

Pemberian pembelajaran hanya untuk kompetensi/materi yang belum diketahui peserta didik. Dengan demikian tersedia waktu bagi peserta didik untuk memperoleh kompetensi/materi baru, atau bekerja dalam proyek secara mandiri sesuai dengan kapasitas maupun kapabilitas masing-masing.

Perlu dijelaskan bahwa materi penyelenggaraan pembelajaran pengayaan ini terutama terkait dengan kegiatan tatap muka untuk jam-jam pelajaran sekolah biasa. Namun demikian kegiatan pembelajaran pengayaan dapat pula dikaitkan dengan kegiatan tugas terstruktur dan kegiatan mandiri tidak terstruktur. Sekolah dapat juga memfasilitasi peserta didik dengan kelebihan kecerdasan dalam bentuk kegiatan pengembangan diri dengan spesifikasi pengayaan kompetensi tertentu, misalnya untuk bidang sains. Pembelajaran seperti ini diselenggarakan untuk membantu peserta didik mempersiapkan diri mengikuti kompetisi tingkat nasional maupun internasional seperti olimpiade internasional fisika, kimia dan biologi.

D. Aktivitas Pembelajaran

Dalam kegiatan ini Anda akan melakukan serangkaian kegiatan untuk mencapai kompetensi berkaitan dengan Pemanfaatan Penilaian Proses dan Hasil Belajar. Kegiatan ini memuat topik, di antaranya adalah:

- a. Ketuntasan Belajar, pada bagian ini dibahas tentang ketuntasan belajar.
- b. Program Remedial, pada bagian ini dibahas tentang program remedial, bentuk kegiatan remedial dan pelaksanaan remedial.

- c. Program Pengayaan, pada bagian ini dibahas tentang program pengayaan, jenis pembelajaran pengayaan dan pelaksanaan pembelajaran pengayaan.

Kegiatan-kegiatan tersebut akan terbagi ke dalam beberapa aktivitas atau sub materi pokok dan berhubungan dgn lembar kerja yang harus dilengkapi atau dilaksanakan, baik secara individu maupun kelompok, diantaranya:

- a. Menganalisis dan mereview bahan atau sumber belajar.
- b. Merancang dan membuat pertanyaan mendasar berkaitan dengan Pemanfaatan Penilaian Proses dan Hasil Belajar yang sedang dipelajari.
- c. Mengeksplorasi dan mengembangkan materi pelatihan dari aspek substansial.
- d. Mengembangkan materi pelatihan ke dalam aspek penerapan dan aplikasi bidang kejuruan di SMK (bidang keahlian Teknologi dan Rekayasa).
- e. Mengkomunikasikan dan mempresentasikan hasil kerja atau aktivitas analisis, desain, eksplorasi, dan pengembangan (*applied*) materi pokok Pemanfaatan Penilaian Proses dan Hasil Belajar.

Aktivitas 1: Menganalisis dan Review Isi Materi

Pelajari dengan seksama materi pokok Pemanfaatan Penilaian Proses dan Hasil Belajar dalam modul ini, kemudian hubungkan dengan indikator pencapaian kompetensinya. Untuk mendapatkan hasil analisis/kajian dan review lebih mendalam dan komprehensif, kegiatan pada aktivitas ini dilakukan melalui atau secara berkelompok. Hal ini dilakukan dengan tujuan atau sebagai *brainstorming*, mendapatkan wawasan lebih luas dan *sharing* antar peserta diklat. Jika ada permasalahan dan hal-hal yang tidak dipahami dan diselesaikan, Anda bisa konsultasikan dengan widyaiswara/instruktur yang mengampu atau penanggungjawab materi ini.

Lakukan analisis dan review terhadap cakupan indikator pencapaian kompetensi dan berikan tanggapan atau masukan, seperti pada lembar kerja 1.1 dan 1.2 (Lampiran Kegiatan Belajar 1).

Aktivitas 2 : merancang dan membuat pertanyaan mendasar

Pelajari dengan seksama materi pokok Pemanfaatan Penilaian Proses dan Hasil Belajar dalam modul ini, kemudian rancang dan susunlah permasalahan dan pertanyaan mendasar yang berkaitan dengan materi pokok graph, baik dari aspek materi (*content*) maupun dari aspek metodologi pembelajaran (pedagogik). Untuk mendapatkan hasil rancangan yang lebih mendalam dan komprehensif, kegiatan pada aktivitas ini dilakukan melalui atau secara berkelompok. Hal ini dilakukan dengan tujuan atau sebagai *brainstorming*, mendapatkan wawasan lebih luas dan *sharing* antar peserta diklat. Jika ada permasalahan dan hal-hal yang tidak dipahami dan diselesaikan, Anda bisa konsultasikan dengan widyaiswara/instruktur yang mengampu atau penanggungjawab materi ini. Hasil rancangan dan penyusunan pertanyaan/permasalahan mendasar berkaitan dengan materi ajar himpunan ini dapat Anda tuangkan dalam lembar kerja 2, seperti pada Lampiran Kegiatan Belajar 1.

Aktivitas 3 : Eksplorasi dan pengembangan materi

Pelajari dengan seksama materi pokok Pemanfaatan Penilaian Proses dan Hasil Belajar dalam modul ini, kemudian lakukan eksplorasi dan pengembangan terhadap materi yang berkaitan dengan materi pokok graph. Eksplorasi dan pengembangan ini merujuk pada hasil kerja Anda pada aktivitas 1, lembar kerja 1.2. Untuk mendapatkan hasil rancangan yang lebih mendalam dan komprehensif, kegiatan pada aktivitas ini dilakukan melalui atau secara berkelompok. Hal ini dilakukan dengan tujuan atau sebagai *brainstorming*, mendapatkan wawasan lebih luas dan *sharing* antar peserta diklat. Jika ada permasalahan dan hal-hal yang tidak dipahami dan diselesaikan, Anda bisa konsultasikan dengan widyaiswara/instruktur yang mengampu atau penanggungjawab materi ini. Hasil rancangan eksplorasi dan pengembangan yang berkaitan dengan materi ajar graph ini dapat Anda tuangkan dalam lembar kerja 3, seperti pada Lampiran Kegiatan Belajar 1.

Aktivitas 4: Pengembangan aplikasi dan penerapan

Pelajari dengan seksama materi pokok Pemanfaatan Penilaian Proses dan Hasil Belajar dalam modul ini, kemudian analisis kembali indikator-indikator pencapaian kompetensi yang tercantum pada peta kompetensi yang berkaitan dan merujuk pula pada hasil analisis dan *review* pada LK 1.1 dan 1.2 sebelumnya, terutama yang berhubungan dengan penerapan atau aplikasi teori graph pada masalah sehari-hari di bidang kejuruan atau bidang teknologi dan rekayasa. Untuk mendapatkan hasil rancangan dan lebih mendalam dan komprehensif, kegiatan pada aktivitas ini dilakukan melalui atau secara berkelompok. Hal ini dilakukan dengan tujuan atau sebagai *brainstorming*, mendapatkan wawasan lebih luas dan *sharing* antar peserta diklat. Jika ada permasalahan dan hal-hal yang tidak dipahami dan diselesaikan, Anda bisa konsultasikan dengan widyaiswara/instruktur yang mengampu atau penanggungjawab materi ini. Hasil rancangan pengembangan aplikasi dan penerapan yang berkaitan dengan materi ajar ini dapat Anda tuangkan dalam lembar kerja 4, seperti pada Lampiran Kegiatan Belajar 1. Idealnya dan secara lebih spesifik, aplikasi dan penerapan ini dirancang berdasarkan program keahlian yang ada di SMK tempat Anda bekerja atau mengajar. Hal ini bertujuan agar aplikasi dan penerapannya lebih mengena dan bermakna bagi semua peserta diklat..

Aktivitas 5: Mengkomunikasikan dan presentasi hasil diskusi

Pada aktivitas ini, Anda sebagai peserta diklat akan melaporkan atau mempresentasikan hasil kerja/aktivitas, mulai dari aktivitas 1 sampai dengan aktivitas 4 berikut Lembar Kerja yang berkaitan.

Teknis pelaksanaannya diatur bersama dan dibawah bimbingan widyaiswara/instruktur Anda. Rancang dan alokasikan waktu agar semua kelompok bisa tampil dalam mempresentasikan hasil kerja kelompoknya, supaya semua permasalahan, ide, gagasan dan masukan dapat dipecahkan/diselesaikan secara tuntas.

Penampilan dan aktivitas Anda pada tahap ini dijadikan sebagai unsur penilaian dalam dimensi keterampilan, mulai dari aspek percaya diri, toleransi atau menghargai sesama, argumentasi, wawasan, sampai dengan menyimpulkan atau menutup diskusi.

E. Rangkuman

Salah satu manfaat hasil evaluasi adalah untuk memberikan umpan balik (*feed-back*) kepada semua pihak yang terlibat dalam pembelajaran, baik secara langsung maupun tidak langsung. Umpan balik dapat dijadikan sebagai alat bagi guru untuk membuat belajar peserta didik menjadi lebih baik dan meningkatkan kinerjanya. Umpan balik tersebut dapat dilakukan secara langsung, tertulis atau demonstrasi. Paling tidak ada tiga manfaat penting dari hasil evaluasi, yaitu untuk membantu pemahaman peserta didik menjadi lebih baik, untuk menjelaskan pertumbuhan dan perkembangan peserta didik kepada orang tua, dan membantu guru dalam membuat perencanaan pembelajaran. Pemanfaatan hasil evaluasi berkaitan erat dengan tujuan menyelenggarakan evaluasi itu sendiri. Hasil evaluasi formatif dapat dimanfaatkan untuk mengulangi pelajaran, memperbaiki strategi pembelajaran, atau melanjutkan pelajaran. Sedangkan hasil evaluasi sumatif dapat dimanfaatkan untuk kenaikan kelas atau kelulusan peserta didik. Manfaat hasil evaluasi dapat mengacu kepada fungsi evaluasi itu sendiri, yaitu fungsi instruksional, fungsi administratif, dan fungsi bimbingan.

Untuk melihat pemanfaatan hasil evaluasi ini secara komprehensif, kita dapat meninjaunya dari berbagai pihak yang berkepentingan. Bagi peserta didik, hasil evaluasi dapat dimanfaatkan untuk membangkitkan minat dan motivasi belajar, membentuk sikap yang positif terhadap belajar dan pembelajaran, membantu pemahaman peserta didik menjadi lebih baik, membantu peserta didik dalam memilih teknik belajar yang baik dan benar, dan mengetahui kedudukan peserta didik dalam kelas. Bagi guru, hasil evaluasi dapat dimanfaatkan untuk promosi peserta didik, (seperti kenaikan kelas atau kelulusan), mendiagnosis peserta didik yang memiliki kelemahan atau kekurangan, baik secara perorangan maupun kelompok, menentukan pengelompokan dan penempatan peserta didik berdasarkan prestasi masing-masing, *feedback* dalam melakukan perbaikan terhadap sistem pembelajaran, menyusun laporan kepada orang tua guna menjelaskan pertumbuhan dan perkembangan peserta didik, pertimbangan dalam membuat perencanaan pembelajaran, dan menentukan perlu tidaknya pembelajaran remedial. Bagi orang tua, hasil evaluasi dapat dimanfaatkan untuk mengetahui kemajuan belajar peserta didik, membimbing kegiatan belajar peserta didik di rumah, menentukan tindak

lanjut pendidikan yang sesuai dengan kemampuan anaknya, dan memprakirakan kemungkinan berhasil tidaknya anak tersebut dalam bidang pekerjaannya. Bagi administrator madrasah, hasil evaluasi dapat dimanfaatkan untuk menentukan penempatan peserta didik, menentukan kenaikan kelas, dan pengelompokan peserta didik di madrasah mengingat terbatasnya fasilitas pendidikan yang tersedia serta indikasi kemajuan peserta didik pada waktu mendatang

Dalam melaksanakan pembelajaran, guru harus berpijak pada prinsip-prinsip tertentu yaitu perhatian dan motivasi, keaktifan, keterlibatan langsung atau berpengalaman, pengulangan, tantangan, balikan dan penguatan, dan perbedaan individual. Di samping guru harus memegang teguh prinsip-prinsip pembelajaran, guru juga harus mengikuti tahap-tahap pembelajaran yang sistematis, yaitu tahap orientasi, tahap implementasi, tahap evaluasi, dan tahap tindak lanjut (follow-up). Keberhasilan proses belajar adalah keberhasilan peserta didik selama mengikuti proses pembelajaran. Sedangkan hasil belajar merupakan berakhirnya penggal dan puncak proses belajar serta merupakan dampak tindakan guru, suatu pencapaian tujuan pembelajaran, juga merupakan peningkatan kemampuan mental peserta didik. Hasil belajar tersebut dapat dibedakan menjadi (a) dampak pembelajaran (prestasi), dan (b) dampak pengiring (hasil). Dampak pembelajaran adalah hasil yang dapat diukur dalam setiap pelajaran (pada umumnya menyangkut domain kognitif), seperti tertuang dalam angka rapor dan angka dalam ijazah. Dampak pengiring adalah terapan pengetahuan dan kemampuan di bidang lain yang merupakan suatu transfer belajar (*transfer of learning*).

Hasil belajar dapat timbul dalam berbagai jenis perbuatan atau pembentukan tingkah laku peserta didik. Jenis tingkah laku itu diantaranya adalah kebiasaan, keterampilan, akumulasi persepsi, asosiasi dan hafalan, pemahaman dan konsep, sikap, nilai, moral dan agama. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi (langsung maupun tidak langsung) terhadap hasil belajar, antara lain peserta didik, sarana dan prasarana, lingkungan, dan hasil belajar. Evaluasi diri adalah evaluasi yang dilakukan oleh dan terhadap diri sendiri. Untuk melakukan evaluasi diri, guru harus berpegang pada prinsip-prinsip tertentu, seperti kejujuran, kecermatan, dan kesungguhan. Dalam melakukan evaluasi diri, guru tentunya memerlukan berbagai informasi, seperti hasil penilaian proses, hasil belajar

peserta didik, hasil observasi dan wawancara, hasil angket, dan sebagainya. Hasil-hasil ini kemudian dianalisis. Proses analisis dapat dimulai dari menilai hasil-hasil pengukuran, menetapkan tingkat keberhasilan, menentukan kriteria keberhasilan, menentukan berhasil tidaknya aspek-aspek yang dinilai, memberikan makna, memberikan penjelasan, dan membuat kesimpulan.

Salah satu jenis penilaian yang dapat dilakukan guru dalam pembelajaran adalah penilaian diagnostik, yaitu penilaian yang berfungsi mengidentifikasi faktor-faktor penyebab kegagalan atau pendukung keberhasilan dalam pembelajaran. Berdasarkan hasil penilaian diagnostik ini, guru melakukan perbaikan-perbaikan untuk meningkatkan kualitas pembelajaran. Mengoptimalkan proses dan hasil belajar berarti melakukan berbagai upaya perbaikan agar proses belajar dapat berjalan dengan efektif dan hasil belajar dapat diperoleh secara optimal. Pembelajaran remedial adalah suatu proses atau kegiatan untuk memahami dan meneliti dengan cermat mengenai berbagai kesulitan peserta didik dalam belajar. Tujuan pembelajaran remedial adalah membantu dan menyembuhkan peserta didik yang mengalami kesulitan belajar melalui perlakuan pengajaran.

F. Tes Formatif

Uraian

1. Apa yang dimaksudkan dengan pembelajaran tuntas. Apa kriteria keberhasilannya ? Berikan contoh konkritnya !
2. Sebutkan beberapa faktor yang dapat mempengaruhi hasil belajar. Jelaskan dengan singkat !
3. Coba Anda ambil skor tes hasil belajar dalam mata pelajaran tertentu, kemudian Anda tentukan tingkat keberhasilannya berdasarkan kriteria tertentu. Selanjutnya, Anda buat penafsirannya !
4. Apa perbedaan antara keberhasilan proses dengan keberhasilan hasil belajar ? Apakah kaitan kedua keberhasilan itu ?
5. Sebutkan langkah-langkah evaluasi diri. Jelaskan setiap langkahnya dengan singkat !

6. Mengapa guru perlu mengidentifikasi faktor penyebab kegagalan dan pendukung keberhasilan ?
7. Sebutkan langkah-langkah dalam melakukan identifikasi optimalisasi proses pembelajaran. Jelaskan dengan singkat !
8. Bandingkan antara pembelajaran remedial dengan pembelajaran reguler dilihat dari segi :
 - a. Subjek
 - b. Materi pembelajaran
 - c. Dasar pemilihan materi

G. Kunci Jawaban

1. Model belajar tuntas (*Mastery Learning*) adalah pencapaian taraf penguasaan minimal yang ditetapkan untuk setiap unit bahan pelajaran baik secara perseorangan maupun kelompok, dengan kata lain apa yang dipelajari siswa dapat dikuasai sepenuhnya.

Model belajar tuntas (*Mastery Learning*) ini dikembangkan oleh John B. Carroll (1971) dan Benjamin Bloom (1971). Di Indonesia model belajar tuntas (*Mastery Learning*) ini dipopulerkan oleh Badan Pengembangan Penelitian Pendidikan dan Kebudayaan.

Suatu pembelajaran di kelas dikatakan melaksanakan pembelajaran tuntas jika terdapat indikator-indikator sebagai berikut:

1. Metode pembelajaran yang dipakai adalah pendekatan diagnostik preskriptif
Maksudnya adalah pendekatan individual dalam arti meskipun kegiatan belajar ditujukan kepada kelompok siswa (kelas), tetapi mengakui dan melayani perbedaan-perbedaan perorangan siswa sedemikian rupa, sehingga pembelajaran memungkinkan berkembangnya potensi masing-masing siswa secara optimal.
2. Peran guru harus intensif dalam mendorong keberhasilan siswa secara individual.
Hal-hal yang dapat dilakukan oleh guru, misalnya sebagai berikut:
 - a. Menjabarkan/memecah KD ke dalam satuan-satuan yang lebih kecil.
 - b. Menata indikator berdasarkan cakupan serta urutan unit.
 - c. Menyajikan materi dalam bentuk yang bervariasi.
 - d. Memonitor seluruh pekerjaan siswa.
 - e. Menilai perkembangan siswa dalam pencapaian kompetensi.
 - f. Menyediakan sejumlah alternatif strategi pembelajaran bagi siswa yang menjumpai kesulitan.
3. Peran siswa lebih leluasa dalam menentukan jumlah waktu belajar yang diperlukan. Artinya siswa diberikan kebebasan dalam menetapkan kecepatan pencapaian kompetensi. Kemajuan siswa sangat tertumpu pada usaha serta ketekunan siswa secara individual.
4. Sistem penilaian menggunakan penilaian berkelanjutan yang mempunyai ciri-ciri sebagai berikut:

- a. Penilaian dengan sistem blok.
- b. Tiap blok terdiri dari satu atau lebih kompetensi dasar (KD).
- c. Hasil penilaian dianalisis dan ditindaklanjuti melalui program remedial, program pengayaan, dan program percepatan.
- d. Penilaian mencakup aspek kognitif dan psikomotor.
- e. Aspek afektif dinilai melalui pengamatan dan kuesioner.

Contoh konkritnya:

Pelajaran las busur manual di SMK sangat erat kaitannya dengan model pembelajaran tuntas (*mastery learning*) dan pembelajaran berbasis kompetensi (*Competency Based Training, CBT*). Pelajaran ini memungkinkan siswa SMK untuk dapat mencapai semua tingkatan kompetensi yang diberikan guru kepadanya sesuai dengan kemampuannya tanpa dibatasi oleh waktu.

2. Menurut Slameto (2010:54) faktor-faktor yang mempengaruhi belajar banyak jenisnya, tetapi dapat digolongkan menjadi dua golongan saja, yaitu faktor intern dan faktor ekstern. Faktor intern adalah faktor yang berasal dari dalam diri individu yang sedang belajar. Ada tiga faktor yang menjadi faktor intern yaitu :

- 1) Faktor jasmaniah

Faktor-faktor yang tergolong dalam faktor jasmaniah yang dapat mempengaruhi belajar adalah faktor kesehatan dan cacat tubuh.

- 2) Faktor psikologis

Sekurang-kurangnya ada tujuh faktor yang tergolong ke dalam faktor psikologis yang mempengaruhi belajar, faktor-faktor ini adalah : intelegensi, perhatian, minat, bakat, motif, kematangan dan kesiapan.

- 3) Faktor kelelahan

Faktor kelelahan ditinjau dari dua aspek yaitu kelelahan jasmani dan kelelahan rohani. Kelelahan jasmani terlihat dengan lemah lunglainya tubuh dan dilihat dengan adanya kelesuan dan kebosanan, sehingga minat dan dorongan untuk menghasilkan sesuatu hilang.

Faktor ekstern adalah faktor yang ada di luar individu. Faktor intern yang berpengaruh terhadap belajar menurut Slameto (2010:60) dikelompokkan menjadi 3 faktor, yaitu faktor keluarga, faktor sekolah, dan faktor masyarakat.

1) Faktor keluarga

Siswa yang belajar akan menerima pengaruh dari keluarga berupa: cara orangtua mendidik, relasi antara anggota keluarga, suasana rumah tangga dan keadaan ekonomi keluarga.

2) Faktor sekolah

Faktor sekolah yang mempengaruhi belajar mencakup metode mengajar, kurikulum, relasi guru dengan guru, relasi siswa dengan siswa, disiplin sekolah, pengajaran dan waktu sekolah, standar pelajaran, keadaan gedung, metode belajar, dan tugas rumah.

3) Faktor masyarakat

Faktor masyarakat yang mempengaruhi belajar yaitu berupa kegiatan siswa dalam masyarakat, mass media, tem bergaul dan bentuk kehidupan masyarakat.

3. Coba Anda ambil skor tes hasil belajar dalam mata pelajaran tertentu, kemudian Anda tentukan tingkat keberhasilannya berdasarkan kriteria tertentu. Selanjutnya, Anda buat penafsirannya !

Jawaban atas pertanyaan ini dapat Anda praktikkan di sekolah tempat Anda mengajar.

4. Keberhasilan proses belajar adalah keberhasilan peserta didik selama mengikuti proses pembelajaran. Sedangkan hasil belajar merupakan berakhirnya penggal dan puncak proses belajar serta merupakan dampak tindakan guru, suatu pencapaian tujuan pembelajaran, juga merupakan peningkatan kemampuan mental peserta didik. Hasil belajar tersebut dapat dibedakan menjadi (a) dampak pembelajaran (prestasi), dan (b) dampak pengiring (hasil). Dampak pembelajaran adalah hasil yang dapat diukur dalam setiap pelajaran (pada umumnya menyangkut domain kognitif), seperti tertuang dalam angka rapor dan angka dalam ijazah. Dampak pengiring adalah terapan pengetahuan dan kemampuan di bidang lain yang merupakan suatu transfer belajar (*transfer of learning*).
5. Dalam melakukan evaluasi diri, guru tentunya memerlukan berbagai informasi, seperti hasil penilaian proses, hasil belajar peserta didik, hasil observasi dan

wawancara, hasil angket, dan sebagainya. Hasil-hasil ini kemudian dianalisis. Proses analisis dapat dimulai dari menilai hasil-hasil pengukuran, menetapkan tingkat keberhasilan, menentukan kriteria keberhasilan, sampai dengan menentukan berhasil tidaknya aspek-aspek yang dinilai. Selanjutnya, Anda memberikan makna terhadap hasil analisis yang dilakukan, baik makna dari kegagalan proses belajar maupun hasil belajar peserta didik. Anda juga perlu memberikan penjelasan mengapa kegagalan itu bisa terjadi, mengapa peserta didik memberikan respon yang negatif atas pelaksanaan pembelajaran yang dilakukan, mengapa proses belajar tidak sesuai dengan harapan, mengapa hasil belajar peserta didik menurun dibandingkan dengan hasil belajar sebelumnya, dan sebagainya. Akhirnya, Anda harus membuat kesimpulan secara umum berdasarkan sistem pembelajaran, sesuai dengan tahap-tahap pembelajaran atau dalam bentuk faktor-faktor penyebab kegagalan dan pendukung keberhasilan dalam pembelajaran.

6. Guru perlu mengidentifikasi faktor penyebab kegagalan dan pendukung keberhasilan dalam pembelajaran yang telah dilakukannya untuk meningkatkan kualitas pembelajaran.
7. Untuk mengoptimalkan proses dan hasil belajar hendaknya kita berpijak pada hasil identifikasi faktor-faktor penyebab kegagalan dan faktor-faktor pendukung keberhasilan. Berdasarkan hasil identifikasi ini kemudian kita mencari alternatif pemecahannya, kemudian dari berbagai alternatif itu kita pilih mana yang mungkin dilaksanakan dilihat dari berbagai faktor, seperti kesiapan guru, kesiapan peserta didik, sarana dan prasarana, dan sebagainya. Mengoptimalkan proses dan hasil belajar berarti melakukan berbagai upaya perbaikan agar proses belajar dapat berjalan dengan efektif dan hasil belajar dapat diperoleh secara optimal. Proses belajar dapat dikatakan efektif apabila peserta didik aktif (intelektual, emosional, sosial) mengikuti kegiatan belajar, berani mengemukakan pendapat, bersemangat, kritis, dan kooperatif. Begitu juga dengan hasil belajar yang optimal dapat dilihat dari ketuntasan belajarnya, terampil dalam mengerjakan tugas, dan memiliki apresiasi yang baik terhadap pelajaran. Hasil belajar yang optimal merupakan perolehan dari proses belajar yang optimal pula.

8. Sebenarnya, pembelajaran remedial merupakan kelanjutan dari pembelajaran biasa atau reguler di kelas. Hanya saja, peserta didik yang masuk dalam kelompok ini adalah peserta didik yang memerlukan pelajaran tambahan. Peserta didik yang dimaksud adalah peserta didik yang belum tuntas belajar. Pembelajaran remedial adalah suatu proses atau kegiatan untuk memahami dan meneliti dengan cermat mengenai berbagai kesulitan peserta didik dalam belajar. Kesulitan belajar peserta didik sangat beragam, ada yang mudah ditemukan sebab-sebabnya tetapi sukar disembuhkan, tetapi ada juga yang sukar bahkan tidak dapat ditemukan sehingga tidak mungkin dapat disembuhkan hanya oleh guru di sekolah. Untuk itu, perhatikan tabel berikut ini:

Perbedaan Pembelajaran Remedial dengan Pembelajaran Reguler

No	Aspek-aspek Pembelajaran	Pembelajaran Reguler	Pembelajaran Remedial
1	Subjek	Seluruh peserta didik	Peserta didik yang belum tuntas
2	Materi pembelajaran	Topik bahasan	Konsep terpilih
3	Dasar pemilihan materi	Rencana pembelajaran	Analisis kebutuhan (rencana

Sumber : Endang Poerwanti (2008 : 8-23)

KEGIATAN PEMBELAJARAN 2 : PENDINGER ENERGI MATAHARI

A. Tujuan

Setelah mempelajari kegiatan belajar 1, diharapkan Anda dapat:

1. Mengetahui bagian-bagian yang menggunakan alat pemanas matahari.
2. Menyebutkan proses pemanasan matahari terhadap alat pemanas.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Setelah mempelajari kegiatan belajar 1, diharapkan mampu:

1. Menelaah prinsip kerja peralatan pendinger hasil pertanian dengan panas matahari dengan benar.
2. Menganalisis mekanisme kerja dari model teknologi peralatan pendinger hasil pertanian dengan panas matahari dengan benar.

C. Uraian Materi

1. Pendingeran

Dalam industri sering sekali bahan-bahan padat harus dipisahkan dari suspensi, misalnya secara mekanis dengan penjernihan atau filtrasi. Dalam hal ini pemisahan yang sempurna sering kali tidak dapat diperoleh, artinya bahan padat selalu masih mengandung sedikit atau banyak cairan, yang acapkali hanya dapat dihilangkan dengan pendingeran. Karena pertimbangan ekonomi (penghematan energi), maka sebelum pendingeran dilakukan, sebaiknya sebanyak mungkin cairan sudah dipisahkan secara mekanis. (Bernasconi, G., 1995).

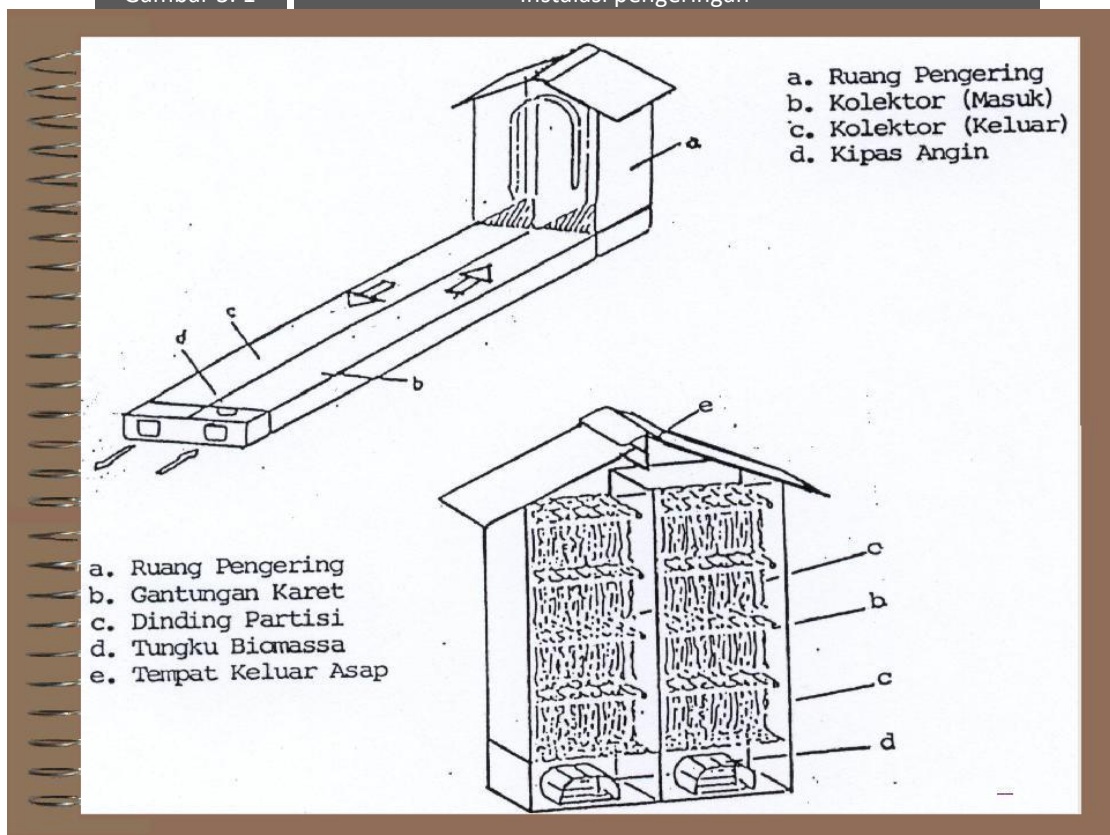
Penderingan adalah suatu cara untuk mengeluarkan atau menghilangkan sebagian air dari suatu bahan dengan penguapan melalui penggunaan energi panas. Kandungan air tersebut dikurangi sampai batas tertentu sehingga mikroorganisme tidak dapat tumbuh lagi didalamnya. Pendingeran pada industri biasanya menggunakan suatu alat salah satunya dengan menggunakan rotary dryer. Rotary dryer bekerja menggunakan aliran panas yang mengalir dimana terjadi kontak dengan bahan yang

akan dikeringkan. Pengering rotary dryer digunakan untuk mengeringkan bahan yang berbentuk bubuk, granula, gumpalan partikel padat dalam ukuran besar.

Pengeringan pada rotary dryer dilakukan pemutaran berkali-kali sehingga tidak hanya permukaan atas yang mengalami proses pengeringan, namun juga pada seluruh bagian yaitu atas dan bawah secara bergantian, sehingga pengeringan menggunakan alat ini lebih merata dan lebih banyak mengalami penyusutan.

Gambar 3. 1

Instalasi pengeringan



Proses pengeringan terjadi melalui penguapan air karena perbedaan tekanan dan potensial uap air antara udara dengan bahan yang dikeringkan. Penguapan kandungan air yang terdapat dalam bahan juga terjadi karena adanya panas yang dibawa oleh media pengering yaitu udara. Uap air tersebut akan dilepaskan dari permukaan bahan ke udara pengering.

Penguapan air dari bahan meliputi empat tahap yaitu:

- a. Pelepasan ikatan dari bahan
- b. Difusi air dan uap air ke permukaan bahan
- c. Perubahan tahap menjadi uap air
- d. Perpindahan uap air ke udara (Sumarsono, 2004).

Peristiwa yang terjadi selama proses pengeringan meliputi dua proses, yaitu perpindahan panas dan perpindahan massa. Perpindahan panas yaitu proses pemberian panas pada bahan untuk menguapkan air dari dalam bahan atau proses perubahan bentuk cair ke bentuk gas. Sedangkan perpindahan massa yaitu pengeluaran massa uap air dari permukaan bahan ke udara.

Saat ini telah dikenal banyak sekali jenis mesin pengering yang bekerja dengan berbagai prinsip pindah panas dan massa yang sangat beragam. Diantara sekian banyak jenis mesin pengering terdapat beberapa yang paling sering digunakan untuk mengeringkan produk farmasi salah satunya *rotary dryer*.

Gambar 3. 2

Pemanfaatan energi matahari



Tujuan pengeringan adalah untuk mengurangi kadar air sampai batas perkembangan mikroorganisme dan kegiatan enzim yang dapat menyebabkan pembusukan terhambat atau terhenti. Dengan demikian bahan yang dikeringkan dapat mempunyai waktu simpan yang lama.

Bahan pangan kering matahari dan kering buatan adalah lebih pekat dari pada setiap bahan pangan awetan yang lain, sehingga :

Biaya produksi lebih murah

Diperlukan tenaga yang lebih sedikit.

Kebutuhan ruang penyimpanan dan pengangkutan bahan pangan kering minimal

Besarnya biaya distribusi berkurang

Keuntungan dan Kelemahan Teknik Pengeringan

Keuntungan pengeringan :

Bahan menjadi lebih tahan lama disimpan

Volume bahan menjadi kecil

Mempermudah dan menghemat ruang pengangkutan

Mempermudah transport

Biaya produksi menjadi murah

Kerugian pengeringan

Sifat asal bahan yang dikeringkan berubah (bentuk dan penampakan fisik, penurunan mutu,)

Perlu pekerjaan tambahan untuk menghindari di atas

Metode Pengeringan

a. Penjemuran

Pengeringan dengan sinar matahari langsung sebagai energi panas.

Kelemahan :

Tergantung cuaca

Sukar dikontrol

Memerlukan tempat penjemuran

Mudah terkontaminasi

Lama

Keuntungan

Biaya murah

b. Pengeringan buatan

Pengeringan dengan menggunakan alat pengering dimana suhu, kelembaban udara, kecepatan udara dan waktu dapat diatur dan diawasi.

Keuntungan :

Tidak tergantung cuaca

Kapasitas pengeringan dapat dipilih sesuai dengan yang diperlukan

Tidak memerlukan tempat yang luas

Kondisi pengeringan dapat dikontrol

Panen dapat dilakukan lebih awal

Masa simpan menjadi lama

Pekerjaan menjadi lebih mudah

Dapat meningkatkan nilai ekonomis bahan

Selain itu, keuntungan pengeringan secara mekanis adalah:

Memungkinkan pengeringan dilakukan di sembarang waktu tanpa terikat musim tertentu, walaupun hari mendung/hujan, pengeringan masih dapat dilakukan.

Luas areal yang dibutuhkan untuk pengeringan dapat dikurangi, misalnya dengan memperbanyak rak-rak pengering.

Pengaturan suhu dapat lebih mudah sehingga dapat disesuaikan dengan karakteristik bahan yang dikeringkan. (Rohanah, A., 2006).

Kriteria Pemilihan Alat Pengering

Disamping berdasarkan pertimbangan – pertimbangan ekonomi, pemilihan alat pengering ditentukan oleh faktor – faktor berikut :

Kondisi bahan yang dikeringkan (bahan padat, yang dapat mengalir, pasta, suspensi)

Sifat – sifat bahan yang akan dikeringkan (misalnya apakah menimbulkan bahaya kebakaran, kemungkinan terbakar, ketahanan panas, kepekaan terhadap pukulan, bahaya ledakan debu, sifat oksidasi).

Jenis cairan yang terkandung dalam bahan yang dikeringkan (air, pelarut organik, dapat terbakar, beracun)

Kuantitas bahan yang dikeringkan

Operasi kontinu atau tidak kontinu.

Jenis-Jenis Pengeringan

Pengeringan alamiah menggunakan panas matahari

engeringan menggunakan energi matahari biasanya dilakukan dengan menjemur bahan di atas alas jemuran atau lamporan, yaitu suatu permukaan yang luasnya dapat dibuat dari berbagai bahan padat. Sesuai dengan sistem Pengeringan ini adalah pengeringan paling sederhana (dengan cara penjemuran).

Penjemuran adalah usaha pembuangan atau penurunan kadar air suatu bahan untuk memperoleh tingkat kadar air yang cukup aman disimpan, yaitu yang ingkat kadar airnya seimbang dengan lingkungan.

Pengeringan dengan menggunakan bahan bakarBahan bakar sebagai =sumber panas (bahan bakar cair, padat, listrik) misalnya :BBM, batubara, dan lain-lain. Pengeringan ini disebut juga dengan pengeringan mekanis.

Jenis-jenis pengeringan mekanis adalah tray dryer, rotary dryer, spray dryer, freeze dryer

Tray dryer (alat pengeringan berbentuk rak)

Bentuknya persegi dan didalamnya berisi rak-rak yang digunakan sebagai tempat bahan yang akan dikeringkan

Cocok untuk bahan yang berbentuk padat dan butiran

Sering digunakan untuk produk yang jumlahnya tidak terlalu besar

Bisa digunakan dalam keadaan vakum

Waktu pengeringan umumnya lama (10-60 jam)

Rotary dryer (pengeringan berputar)

Pengeringan kontak langsung yang beroperasi secara kontinyu, terdiri atas cangkang silinder yang berputar perlahan, biasanya dimiringkan

Freeze dryer (pengeringan beku)

Cocok untuk padatan yang sangat sensitif panas (bahan bioteknologis tertentu, bahan farmasi, dan bahan pangan)

Pengeringan terjadi di bawah titik triple cairan dengan menyublim air beku menjadi uap, yang kemudian dikeluarkan dari ruang pengering dengan pompa vakum mekanis

Menghasilkan produk bermutu tinggi dibandingkan dengan teknik dehidrasi lain.

Spray dryer (Pengering semprot)

Cocok untuk bahan yang berbentuk larutan yang sangat kental serta berbentuk pasta (susu, zat pewarna, dan bahan farmasi)

Kapasitas beberapa kg/jam hingga 50 ton per jam penguapan (20000 pengering semprot)

Umpan yang diatomisasi dalam bentuk percikan disentuh dengan udara panas yang dirancang dengan baik.

Pengeringan Gabungan

Pengeringan gabungan adalah pengeringan dengan menggunakan energi sinar matahari dan bahan bakar minyak yang menggunakan konveksi paksa (udara panas dikumpulkan dalam kolektor kemudian dihembus ke komoditi).

Jenis Pengeringan Berdasarkan Media Pemanas

Pengeringan buatan/mekanis terdiri atas dua jenis berdasarkan media pemanas :

Pengeringan Adiabatik

Pengeringan dimana panas dibawa ke alat pengering oleh udara panas, fungsi udara memberi panas dan membawa uap air.

Pengeringan Isothermik

Bahan pangan berhubungan langsung dengan lembaran/plat logam yang panas

Faktor – Faktor Yang Mempengaruhi Pengeringan

Pada proses pengeringan selalu diinginkan kecepatan pengeringan yang maksimal.

Oleh karena itu perlu dilakukan usaha–usaha untuk mempercepat pindah panas dan

pindah massa (pindah massa dalam hal ini perpindahan air keluar dari bahan yang dikeringkan dalam proses pengeringan tersebut).

Ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan untuk memperoleh kecepatan pengeringan maksimum, yaitu :

Luas permukaan

Semakin luas permukaan bahan yang dikeringkan, maka akan semakin cepat bahan menjadi kering. Biasanya bahan yang akan dikeringkan dipotong– potong untuk mempercepat pengeringan.

Kecepatan udara

Umumnya udara yang bergerak akan lebih banyak mengambil uap air dari permukaan bahan yang akan dikeringkan. Udara yang bergerak adalah udara yang mempunyai kecepatan gerak yang tinggi yang berguna untuk mengambil uap air dan menghilangkan uap air dari permukaan bahan yang dikeringkan.

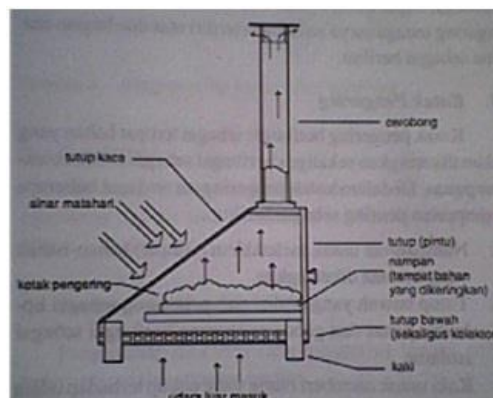
Kelembaban udara

Semakin lembab udara di dalam ruang pengering dan sekitarnya, maka akan semakin lama proses pengeringan berlangsung kering, begitu juga sebaliknya. Karena udara kering dapat mengabsorpsi dan menahan uap air.

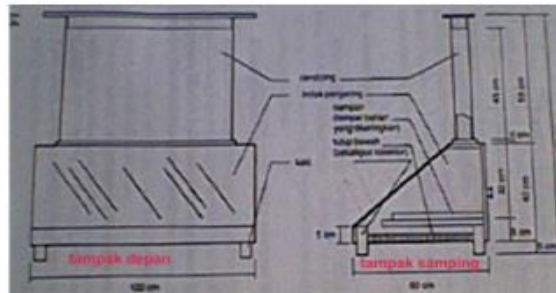
2. Cara membuat pengering tenaga surya sederhana

Gambar 3. 3

Pengering tenaga surya sederhana

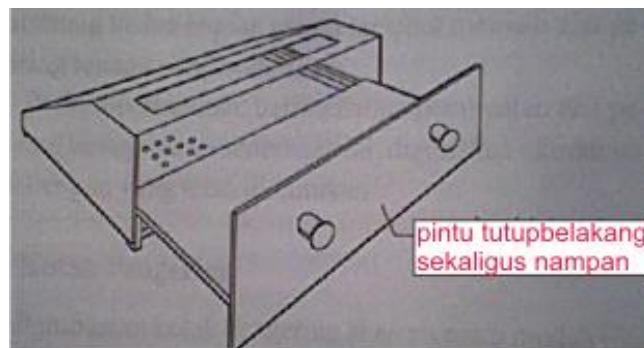


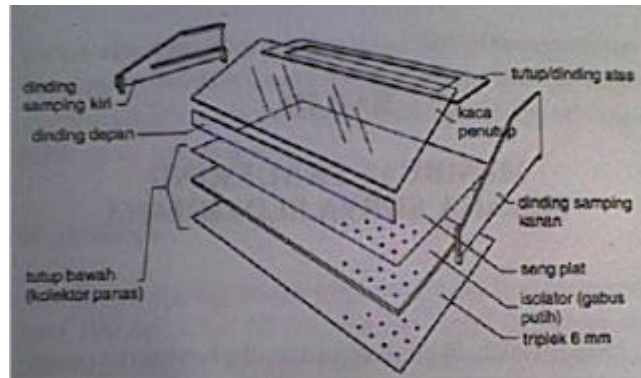
Tampak depan dan tampak samping



Di sebut pengering tenaga surya sederhana karena , kontruksinya sederhana dan ukuranya yang relatif kecil, tidak membutuhkan jenis dan jumlah bahan yang banyak, dan biayanya yang relatif murah serta pembuatan yang tidak rumit sehingga dapat dibuat sendiri. Dalam pengering sederhana ini terdiri dari dua bagian utama yaitu kotak pengering dan cerobong.

Kotak pengering





Konstruksi kotak pengering

- Dinding kanan dan kiri, dinding atas dan depan
- Dinding tutup bawah yang sekaligus berfungsi sebagai kolektor panas
- Tutup pintu kotak pengering yang disambungkan menggunakan nampan/rak tempat bahan yang hendak dikeringkan
- Kaca penutup

Cerobong terdiri atas kerangka cerobong, tutup atap cerobong, dinding cerobong, serta kaki dasar dudukan cerobong.

Pembuatan alat pengering sederhana ini bias di mulai dengan tahap-tahap seperti berikut:

- Pembuatan komponen bagian kotak pengering dan cerobong
- Merakit komponen tersebut menjadi dua bagian utama yaitu: kotak pengering dan cerobong.
- Menyambung kedua bagian utama tersebut, menjadi alat pengering sederhana

Kotak pengering

Pembuatan kotak pengering akan menjadi mudah jika di pilah- pilah menjadi beberapa bagian, yaitu dinding samping kanan dan dinding samping kiri, dinding atas dan depan, tutup/dinding bawah, pintu/tutup kotak pengering serta rak, dan tutup kaca.

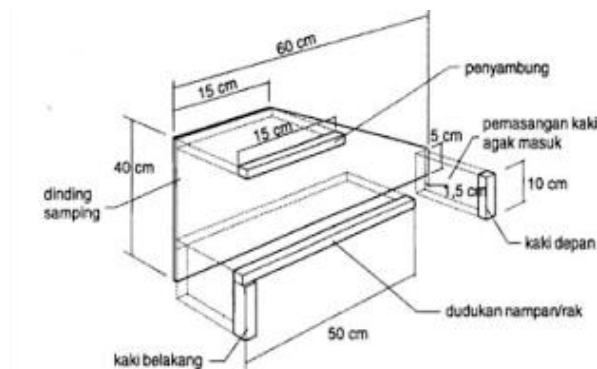
a. **Dinding samping kanan dan kiri**

Dinding samping ini terdiri atas empat komponen yaitu : (dinding, kayu penyambung,kaki,dudukan rak/nampan).

Langkah langkah pembuatan sebagai berikut:

Gambar 3. 7

Konstruksi dinding kanan dan kiri



- 1) Untuk dinding samping kanan / kiri , potonglah papan /triplek setebal 1,5 dengan ukuran : 40cm x 60cm kemudian salah satu sisinya di potong miring dengan ukuran seperti gambar di bawah.
- 2) Untuk kayu penyambung ,potonglah kayu reng yang berukuran 2cm x 3cm, dengan panjang 15cm, sebanyak 2 batang . Kayu penyambung ini nantinya digunakan untuk menyambung sekaligus memperkuat sambungan antara dinding samping dan dinding atas pasanglah kayu tersebut pada bagian atas dinding samping tepat pada bagian tepi atas

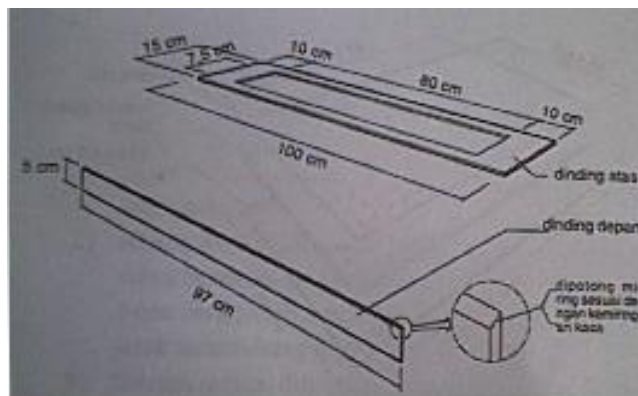
- 3) Untuk kaki potonglah kayu berukuran 2cm x 3 cm, panjang 10 cm, jumlah 4 batang, pasanglah kayu tersebut pada bagian bawah dinding samping dengan jarak 5cm, (kaki menonjol keluar sepanjang 5 cm) untuk kaki depan di pasang agak masuk dengan jarak setebal triplek, yaitu 1,5 cm dari tepi. Untuk kaki belakang pemasangan kaki tepat pada tepi dinding
- 4) Untuk dudukan rak, potonglah kayu berukuran 2 cm x 3 cm panjang 50 cm, berjumlah dua batang. Pasang kayu tersebut melintang sejajar dengan panjang dinding dengan jarak 5 cm dari tepi bawah dinding atau tepat di atas kaki kotak pengering.
- 5) .Untuk semua penyambungan, sebaiknya tidak hanya dengan paku, agar lebih kuat diperkuat dengan lem, jadi sebelum disambung masing-masing dilekatkan terlebih dahulu menggunakan lem kayu, setelah itu dipaku

b. Dinding atas dan dinding depan

- 1) Untuk dinding atas potonglah tripleks setebal 1,5cm panjang 100cm lebar 15cm, sebanyak 1 lembar.

Gambar 3. 8

Tutup atas dan dinding depan



- 2) Pada bagian tengah tripleks tersebut di buat lubang berbentuk persegi panjang di pergunakan untuk tempat cerobong dengan ukuran panjang 80 cm, dan lebar 7,5 cm.

- 3) Untuk dindin depan potonglah papan tripleks dengan tebal 1.5 cm. panjang 97 cm lebar 5 cm, sebanyak 1 lembar.
- 4) Pada sisi sebelah atas di potong miring disesuaikan dengan kemiringan dinding samping (lihat gabar di atas).

c. Dinding / tutup bagian bawah

Dinding tutup bagian bawah sekaligus berfungsi sebagai kolektor panas sehingga komponen terdiri dari bahan yang dapat menyerap panas dan isolator penahan panas.

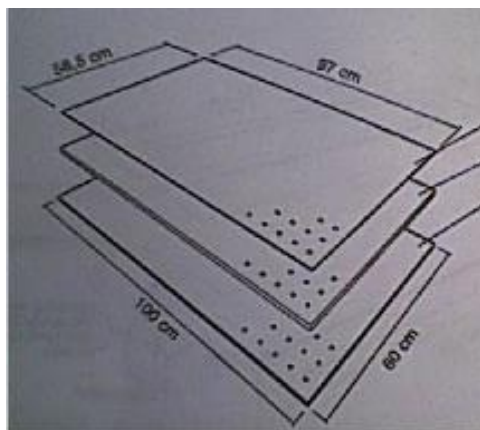
Komponen tersebut berurutan dari atas adalah:

- 1) Seng plat berfungsi sebagai kolektor panas.
- 2) Gabus putih sebagai isolator.
- 3) Papan tripleks sebagai tutup.

Tutup bawah ini juga berfungsi sebagai jalan udara keluar masuk ke dalam kotak, oleh karena itu harus di beri lubang agar udara dapat masuk ke dalam pengering seperti gambar di bawah ini:

Gambar 3. 9

Tutup bawah dan kolektor



- a) Untuk kolektor panas potonglah seng ukuran 0,20. Atau ukuran lainnya panjang 97 cm lebar 58,5 cm sebanyak 1 lembar.

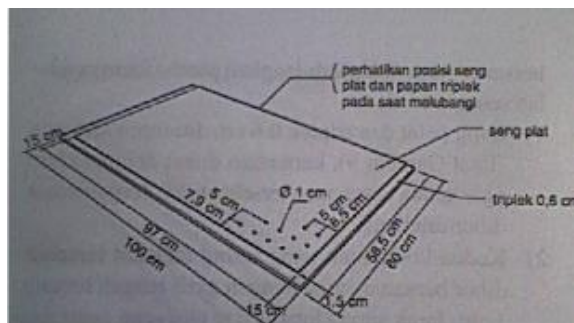
- b) Untuk isolator ,potonglah Styrofoam (gabus putih) dengan tebal 2,5 cm, panjang 97 cm, lebar 58,5 cm, sebanyak 1 lembar.
- c) Untuk tutup bawah, gunakan tripleks dengan tebal 0.6 cm, dengan ukuran panjang 100 cm, lebar 60 cm, sebanyak satu lembar.
- d) Ketiga komponen di atas harus di lubangi , sbagai jalan keluar masuk udara, agar lubang –lubang pada komponen tersebut tepat sejajar , sebaiknya dibor secara bersamaan.

Langkah – langkah pembuatanya adalah sebagai berikut:

- Seng plat dan tripleks , di tumpuk dan disusun kemudian di ikan menggunakan klem, supaya kedua komponen tersebut tidak bergeser saat di bor.
- Kedua komponen yang saling melekat tersebut kemudian di bor bersama –sama, dengan garis tengah lubang 1 cm. jarak antara lubang dan tepi plat seperti terlihat pada gambar.

Gambar 3. 10

cara melubangi tutup bawah

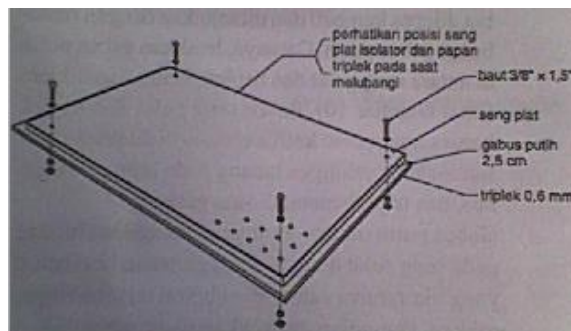


- Setelah selesai di lubangi kedua komponen tersebut di lepas kembali dan di lanjutkan dengan melubangi gabus putih, caranya : letakkan gabus putih di antara seng dan tripleks kemudian di klem, lihat gambar., posisi plat dan tripleks harus sama. Seperti waktu keduanya di lubangi bersama tadi, , sehingga nantinya ketiga komponen lubangnya akan menjadi satu garis.

- Cara melubangi gabus putih dengan cara mengikuti lubang seng plat dengangan menggunakan besi beton yang berukuran sama , besi beton tersebut di panaskan dulu lalu di tusukan pada gabus.
- Ikatlah ketiga komponen tersebut menjadi satu menggunakan baut 3/8" x 1,5" pada empat atau enam titik lubang (lihat gambar).

Gambar 3. 11

Cara melubangi isolator gabus



d. Tutup / Pintu kotak pengering

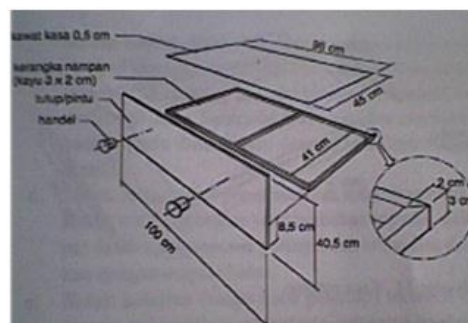
Tutup pintu kotak pengering terdiri atas dua bagian yaitu :

Tutup pintu raka/nampan (tempat bahan yang akan di keringkan) tutup tersebut menjadi satu dengan rak , jika tutup tersebut di buka maka kita akan dapat mengambil rak , tutu tersebut kita buat sendiri – sendiri terlebih dahulu kemudian keduanya di sambung / di rakit menjadi satu.

Langkah- langkah pembuatanya adalah sebagai berikut:

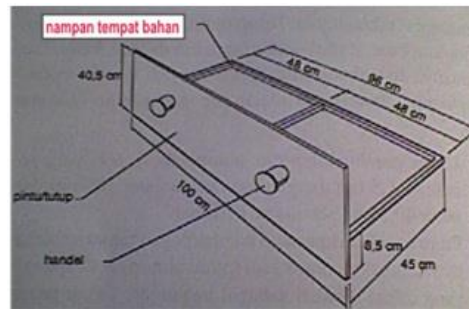
Gambar 3. 12

Konstruksi tutup dan nampan rak pengering sederhana



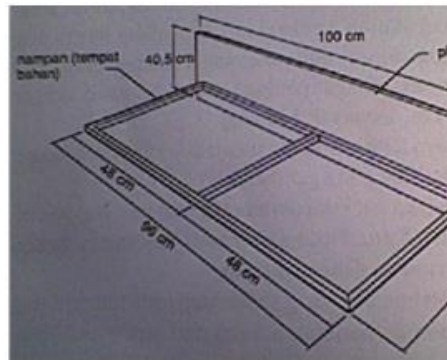
Gambar 3. 13

Pintu dan nampak rak, nampak dari depan



Gambar 3. 14

Pintu dan nampak rak nampak dari belakang



- 1) Untuk pembuatan pintu , potonglah tripleks yang tebalnya 1,5 cm , dengan ukuran panjang 100 cm dan lebar 40,5 cm. sebanyak satu lembar.
- 2) Pintu tersebut di pasangi handel/pegangan yang biasanya di gunakan untu laci(pintu lemari), letak pemasangan handel pegangan dapat di sesuaikan dengan selera.
- 3) Untuk pembuatan kerangka rak/nampak. Pakailah kayu reng berukuran 2 x 3 cm, sepanjang 96 cm dan 45 cm masing – masing sebanyak 2 batang. Untuk bagian tengah : sebagai penguat kayu di potong sepanjang 41 cm sebanyak 1 batang.
- 4) Kayu – kayu tersebut di buat menjadi kerangka rak / nampak,. (Seperti terlihat pada gambar)

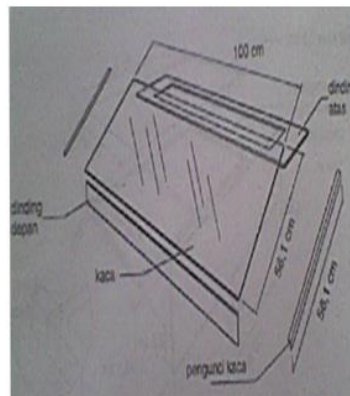
- 5) Potong kawat kasa berukuran 0,5 cm , panjang 96 cm lebar 45 cm. pasanglah kawat kasa tersebut pada kerangka.
- 6) Pasanglah nampun yang sudah siap , Iletak nampun berjarak 8,5 cm dari tepi bawah dan 2 cm dari kanan dan kiri,. (lihat gambar). Pasanglah nampun tersebut dengan paku , tetapi sebelum di paku kedua permukaan di olesdi dengan lem kayu terlebih dahulu

e. Kaca penutup kotak

Untuk pembuatan kaca penutup kotak, dapat menggunakan kaca bening yang tebalnya 0.3cm,0.5cm. dan yang lainnya.

Gambar 3. 15

kaca penutup



Cara pembuatanya adalah sebagai berikut:

- 1) Potong kaca dengan ukuran panjang : 100cm, lebar : 56,1 cm sebanyak satu lembar
- 2) Siapkan juga kunci untuk kaca penutup berupa siku alumunium yang berukuran : 3cm x 3cm atau yang lebih besar dengan panjang: 56,1 sebanyak dua batang, dan panjang 100 cm, sebanyak dua batang, untuk siku alumunium yang panjang (100 cm), sudutnya di perlebar sesuai sudut kemiringan kaca.

f. Merakit kotak pengering

Langkah terakhir pembuatan kotak adalah merakit komponen – komponen kotak pengering yang telah kita buat , langkah langkah membuat kotak pengering adalah sebagai berikut

- 1) Semua bagian yang sudah siap di cek atau di control kembali ukuranya, sambunganya, kontruksinya, dan yang lainnya.
- 2) Rakitlah komponen kotak pengering tersebut tanpa di paku terlebih dahulu untuk di amati bentuk serta hasilnya , apabila masih ada kekekurangan, (sambungan antara komponen satu dengan yang lain dan sebagainya). Maka harus di lakukan perbaikan terlebih dahulu.
- 3) Setelah kotak komponen pengering tersebut sesuai dengan yang di kehendaki maka semua bagian dapat disambung dengan paku, yaitu : dinding samping kanan kiri, dinding atas, dinding depan dan dinding bawah (kolektor), kecuali kaca dan tutup pintu semua bagian itu disambungkan di rekatkan. Di oleskan dulu lem kayu kemudian di paku.
- 4) .Untuk mengurangi pemakaian cat , seluruh permukaan kotak terutamukma yang berbahan tripleks, di dempul untuk menutup pori-pori,. Kemudian diratakan menggunakan amplas
- 5) Kotak kolektor tanpa (tanpa kaca penutup) tersebut di cat menggunakan cat berwarna hitam seluruhnya terutama di bagian dalam, untuk keindahan bagian luar dapat di cat dengan warna lain menurut selera anda., (di anjurkan cat yang berwarna gelap.
- 6) Setelah cat kering pasanglah kaca penutup pada kotak pengering tersebut , lalu di kancing / di kunci dengan siku alumunium , pada sela – sela antara kaca dan siku alumunium di rapatkan menggunakan lem silicon (lem untuk akuarium).

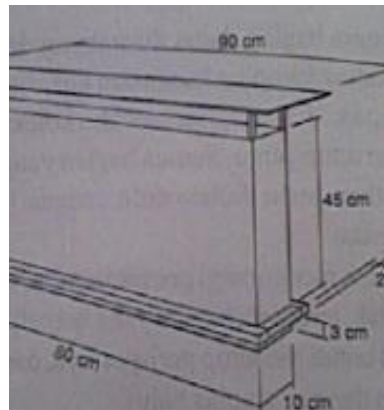
Cerobong

Cerobong untuk kotak pengering tenaga surya memiliki empat bagian (lihat gambar), yaitu : kerangka cerobong, tutup/atap cerobong, dinding cerobong, dasar kaki/ dudukan cerobong.

Langkah-langkah pembuatan cerobong adalah sebagai berikut:

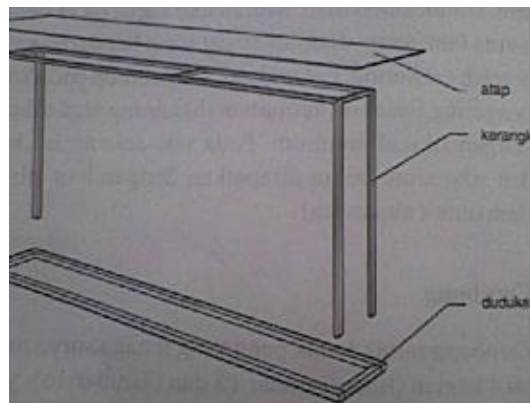
Gambar 3. 16

Cerobong



Gambar 3. 17

Konstruksi cerobong

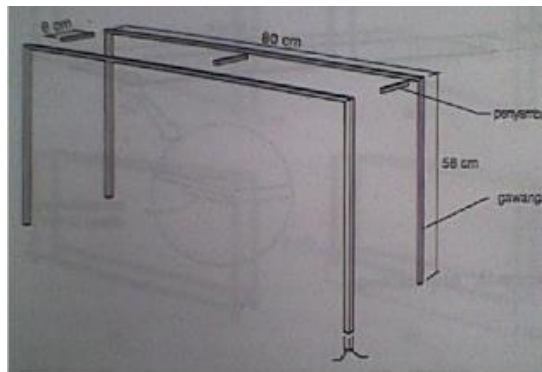


a. **Kerangka cerobong**

Konstruksi kerangka cerobong terdiri atas dua buah gawangan yang masing-masing di sambung menggunakan kayu penyambung.

Gambar 3. 18

Kerangka cerobong

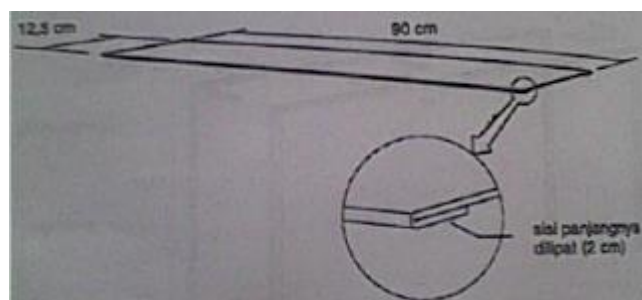


- 1) Untuk Gawangan potonglah kayu reng ukuran 2 cm x 3 cm dengan ukuran panjang 58 cm sebanyak empat batang dan ukuran panjang 80 cm sebanyak dua batang.
- 2) Kayu kayu tersebut di buat dua buah gawangan seperti terlihat pada gambar.
- 3) Untuk kayu penyambung potonglah kayu reng ukuran 2cm x 3cm dengan panjang 6cm sebanyak tiga batang.
- 4) Dengan kayu penyambung tersebut , kedua gawangan disambung menjadi kerangka cerobong.
- 5) Seluruh kerangka di cat dengan warna hitam.

Atap cerobong

Gambar 3. 19

Atap cerobong



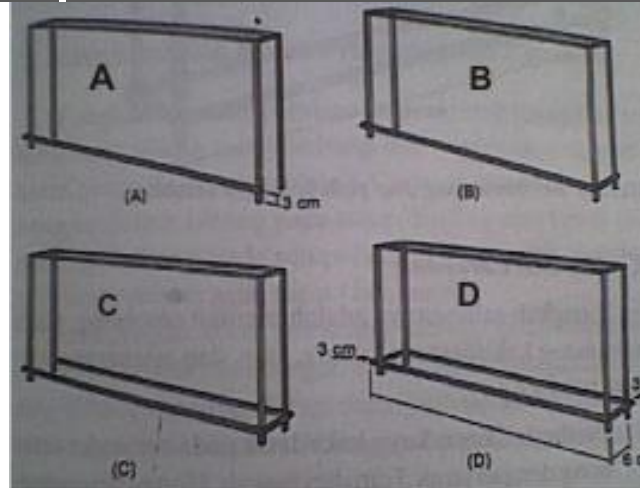
Untuk pembuatan atap cerobong di gunakan plat seng .

Adapun langkah langkah pembuatanya adalah sebagai berikut:

- Potonglah plat seng tebal 0.20 dengan ukuran panjang 90 cm dan lebar 16,5 cm sebanyak satu lembar.
- Pada kedua sisi kaki panjangnya , di lipat dengan ukuran lipatan 2 cm kanan dan kiri . hal ini di maksudkan agar atap tersebut agar kaku dan tidak tajam. (Lihat gambar)
- Lipatan juga dapat di perlakukan pada empat sisinya, tetapi panjangnya kurang dari 90 cm, dikarenakan ada lipatannya.(ukuran seng dipasaran adalah 90 cm).
- Atap cerobong ini kemudian di cat dengan warna hitam

Kaki / dasar atau dudukan cerobong

Gambar 3. 20 Memasang kaki pada kerangka cerobong



Kaki atau dasar atau dudukan kerangka ini berfungsi untuk meletakkan atau menyambung cerobong dan kotak pengering .

Cerobong ini di letakan atau di sambungkan pada dinding atas kotak kolektor agar dapat tersambung dengan pas , pada cerobong yang di beri kaki atau dasar.

- Untuk kaki atau dasar . potonglah reng dengan ukuran 2 cm x 3 cm, dengan panjang 86 cm sebanyak 2 batang . dan panjang 6 cm sebanyak 2 batang.
- Sebelum di pasang pada kerangka batang2 kayu tersebut di haluskan dan di cat dengan warna hitam.

Dinding cerobong

Untuk pembuatan dinding cerobong di gunakan seng plat, langkah – langkahnya sebagai berikut:

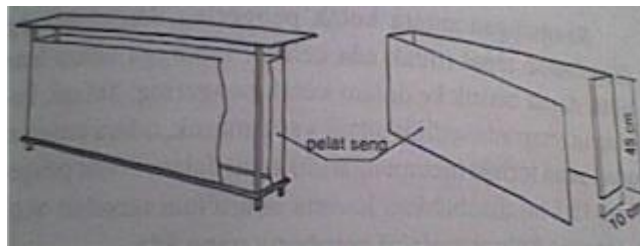
- Potonglah seng plat dengan ukuran panjang 190 cmdan lebar 45 cm (lihat gambar)
- Seng plat tersebut di cat dengan warna hitam.

Merakit cerobong

Langkah berikutnya adalah merakit cerobong , yaitu memasang kaki dasar cerobong , atap dan memasang dinding cerobong.

Gambar 3. 21

Merakit cerobong



- Pasanglah kayu-kayu kaki / dasar pada kerangka cerobong dengan jarak 3 cm dari bawah urutan pemasanganya dapat di lihat di gambar.
- Pasanglah atap pada kerangka cerobong (lihat gambar) dengan paku jarak kelebihan atap kanan dan kiri kurang lebih 10 cm.
- Pasanglah dindin cerobong pada kerangka (lihat gambar)bagian bawah dinding harus tepat/mepet pada dasar kaki cerobong

Menyambung Kotak Pengering dan Cerobong

Langkah terahir membuat pengering tenaga surya sederhana adalah menyambung dua bagian utama , yaitu kotak pengering dan cerobong , caranya masukan cerobong ke dalam lubang pada tutup dinding atas kotak pengering .

Lubang pada tutup/dinding atas kotak tersebut sebaiknya di buat agak rapat (jawa : sesak). Sambungan kotak pengering dan cerobong dapat di buat sambungan mati dengan cara di paku pada tutup dinding kotak pengering . Tetapi dapat juga di buat sambungan tidak mati (tidak dipaku) , sehingga dapat di lepaskan sewaktu-waktu.

Sambungan antara kotak pengering dan cerobong di usahakan tepat (tidak ada celah) sehingga udara luar tidak dapat masuk ke dalam kotak pengering , tetapi walaupun tetap ada Cuma sedikit udara yang masuk , udara tersebut tidak akan terlalu mempengaruhi suhu di dalam kotak pengering ., hal ini di sebabkan karena udara luar tersebut akan kedorong ke luar., melalui cerobong yang ada.

D. Aktifitas Pembelajaran

Kerjakan tugas berikut ini:

1. Pengeringan adalah suatu cara untuk mengeluarkan atau menghilangkan sebagian air dari suatu bahan dengan penguapan melalui
2. Tujuan pengeringan adalah untuk sampai batas perkembangan mikroorganisme dan kegiatan enzim yang dapat menyebabkan pembusukan terhambat atau terhenti.
3. Salah satu faktor terlambatnya pengeringan adalahudara.
4. Pengeringan dengan sinar matahari langsung sebagai energi panas.(penjemuran) tergantung
5. Jelaskan apa yang di maksud dengan pengeringan buatan ?
6. Keuntungan dari pengering buatan adalah ?
7. Faktor faktor apa untuk pemilihan alat pengering:?
8. Apakah yang dimaksud dengan rotary dryer. ?
9. Apakah yang dimaksud dengan . Tray dryer?
10. Apakah yang dimaksud dengan . Spray dryer (Pengering semprot)

E. Rangkuman

Sinar matahari adalah salah satu gelombang elektromagnetik yang memancarkan energi, yang disebut dengan energi surya, ke permukaan bumi secara terus menerus. Energi ini mempunyai sifat antara lain tidak bersifat polutan, tidak dapat habis (terbarukan) dan juga gratis.

Pengeringan merupakan suatu proses untuk menguapkan air yang ada pada bahan baku atau suatu proses untuk mengurangi air yang ada pada bahan baku. Alat pengering tenaga surya ini memanfaatkan energi surya.panas yang diserap oleh panel surya.

Alat pengering tenaga surya mempunyai berbagai keuntungan yaitu :

1. Mengurangi kebutuhan akan lahan dan ongkos tenaga kerja
2. Mengurangi kerentanan komoditas, yang dikeringkan terhadap perubahan cuaca, hujan, kelembaba dan jamur.
3. Meningkatkan kualitas komoditas, termasuk konsistensi kandungan air dan berkurangnya resiko tercemarnya komoditas dari kotoran dan serangga.
4. Meningkatkan peluang kerja dan pendapatan.
5. Alat pengering tenaga surya dapat mengurangi biaya tenaga kerja, meningkatkan kualitas produk dan mengurangi waktu pengeringan secara signifikan.

F. Tes Formatif

1. Sebutkan dan jelaskan beberapa metode pengeringan.

G. Kunci Jawaban

Beberapa metode pengeringan, antara lain:

a. Penjemuran

Pengeringan dengan sinar matahari langsung sebagai energi panas.

Kelemahan:

Tergantung cuaca

Sukar dikontrol

Memerlukan tempat penjemuran

Mudah terkontaminasi

Lama

Keuntungan:

Biaya murah

b. Pengeringan buatan

Pengeringan dengan menggunakan alat pengering dimana suhu, kelembaban udara, kecepatan udara dan waktu dapat diatur dan diawasi.

Kelemahan:

1. Membutuhkan teknologi, sehingga memerlukan biaya lebih di awal.
2. Membutuhkan sumber energi.

Keuntungan:

Tidak tergantung cuaca.

Kapasitas pengeringan dapat dipilih sesuai dengan yang diperlukan.

Tidak memerlukan tempat yang luas.

Kondisi pengeringan dapat dikontrol.

Masa simpan menjadi lama.

Pekerjaan menjadi lebih mudah.

Dapat meningkatkan nilai ekonomis bahan.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 3 : KOLEKTOR PANAS

A. Tujuan

Setelah mempelajari kegiatan belajar 1, diharapkan Anda dapat:

1. Membuat dan memasang alat pemanas matahari (*solar water heater*).
2. Melakukan pemeliharaan *solar water heater*.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Setelah mempelajari kegiatan belajar 1, diharapkan mampu:

1. Menelaah mekanisme kerja teknologi pemanas air energi surya dengan benar.
2. Menganalisis mekanisme kerja dari model teknologi pemanas air energi surya dengan benar.

C. Uraian Materi

1. Pemanfaatan energi panas

Sejalan dengan perkembangan zaman, maka pemanfaatan berbagai sumber energi juga semakin diperlukan oleh manusia. Penggunaan energi seperti pemanfaatan energi pemanas bumi, minyak dan gas bumi, tenaga angin, tenaga air dan yang tak kalah penting ialah panas matahari disekitar kita.

Sumber-sumber seperti yang disebutkan tadi akan tetap dianggap baik dan berguna, sepanjang dapat meningkatkan kesejahteraan manusia dan bukan sebaliknya.

Penggunaan energi matahari yang disebut dengan Solar Energi telah semakin banyak diteliti dan dikembangkan oleh banyak negara terutama yang memiliki empat musim.

Walaupun secara umum di Indonesia mempunyai iklim tropis, tetapi pada saat-saat tertentu penduduk memerlukan air panas untuk mandi, mencuci dan lain-lain.

Alat pemanas air yang sering dinamai solar water heater ini dipandang telah banyak memberikan manfaat kepada manusia dalam pemenuhan air panas, walaupun dari segi lain mungkin ada kekurangannya.

Tenaga matahari praktis tidak ada habis-habisnya. Ini adalah bentuk energi terbersih di bumi dan terdiri dari cahaya, gelombang radio dan radiasi lain dari Matahari. Jumlah besar energi ini berada di belakang hampir semua proses alam di Bumi. Namun, cukup sulit untuk mengumpulkan dan menyimpannya dalam beberapa bentuk untuk digunakan kemudian. Sejalan dengan perkembangan zaman, maka pemanfaatan berbagai sumber energi juga semakin diperlukan oleh manusia. Penggunaan energi seperti pemanfaatan energi pemanas bumi, minyak dan gas bumi, tenaga angin, tenaga air dan yang tak kalah penting ialah panas matahari disekitar kita.

Teknologi pemanasan air dengan tenaga sinar surya - pemanas air tenaga matahari - adalah sebuah teknologi yang prinsipnya sederhana, namun sangat handal serta efisien. Ia mengkonversikan energi sinar surya menjadi bentuk energi termal yang dibutuhkan oleh setiap rumah tangga maupun oleh sektor bisnis. Sumber-sumber seperti yang disebutkan tadi akan tetap dianggap baik dan berguna, sepanjang dapat meningkatkan kesejahteraan manusia dan bukan sebaliknya.

Alat pemanas air yang menggunakan energi matahari merupakan bagian-bagian yang dirangkai menjadi satu unit dengan memilih bahan tertentu untuk panel kolektor, silinder penyimpanan air panas, pipa penghubung air dan sebagainya.

Ada banyak manfaat yang dapat Anda peroleh dengan menggunakan Pemanas Air Tenaga Matahari (*Solar Water Heater*), manfaat utama dapat dirasakan adalah manfaat ekonomi. Dibandingkan dengan pemanas air listrik, jelas terlihat perbedaan yang sangat menonjol dari manfaat ekonomis operasional diantara kedua pemanas air tersebut. *Solar Water Heater* menggunakan energi yang gratis

dari alam semesta sedangkan pemanas air tenaga listrik wajib membayar biaya listrik untuk beroperasi.

Sementara itu, jika dibandingkan dengan pemanas air gas, pemanas air jenis ini juga lebih baik dalam penggunaannya, hal tersebut dikarenakan *Solar Water Heater* menggunakan energi matahari yang jumlahnya masih banyak tersedia di alam dan tidak terbatas jumlahnya, lain hal nya dengan bahan bakar gas yang jumlah nya terbatas dan dapat habis sewaktu waktu.

Berikut ini adalah manfaat-manfaat yang dapat Anda peroleh dengan menggunakan Pemanas Air Tenaga Matahari:

a. **Manfaat Ekonomi**

Banyak pemahaman umum yang menganggap pemanas air tenaga listrik lebih populer karena mudah dipasang atau relatif murah harga beli awalnya. Hal tersebut memang masuk akal, tetapi jika Anda mau mempertimbangkan biaya energi yang akan Anda keluarkan perbulannya, atau berapa banyak energi yang dihabiskan untuk menggunakan alat tersebut, Anda pasti akan berpikir lagi. Penelitian menunjukkan bahwa rata-rata rumah tangga dengan pemanas air listrik menghabiskan sekitar minimal 25% rata-rata dari biaya tagihan rumah hanya untuk membayar biaya energi yang digunakan pemanas air listrik-nya.

Dalam study penelitian yang pernah dilakukan, ditemukan bahwa *Solar Water Heater* menawarkan lebih besar potensi penghematan. Dengan menggunakan *Solar Water Heater* Anda bisa menghemat dan menabung sebanyak 50% hingga 85% setiap tahun dari tagihan yang anda keluarkan untuk membayar tagihan pemanas air listrik.

b. **Manfaat Jangka Panjang**

Pemanas Air Tenaga Matahari menawarkan keuntungan jangka panjang yang besar bagi Anda. Selain Anda memiliki air panas gratis, secara tidak langsung sistem juga telah membebaskan Anda dari tagihan listrik atau biaya bahan bakar.

Anda dan keluarga juga akan terhindar dari kekurangan bahan bakar masa depan dan harga bahan bakar yang kian hari kian meningkat serta membantu mengurangi ketergantungan terhadap minyak Nasional. Selain itu, dengan menambahkan *Solar Water Heater* ke rumah Anda, hal tersebut akan menimbulkan nilai jual kembali yang tinggi bagi rumah Anda.

c. **Manfaat Lingkungan**

Pemanas Air Tenaga Matahari tidak mencemari lingkungan. Dengan berinvestasi menggunakan pemanas air jenis ini, Anda akan menghindari dan menekan gas gas yang berbahaya seperti Karbon dioksida, Nitrogen oksida, Sulfur dioksida dan polusi udara lainnya yang dihasilkan ketika pemanas air Anda menggunakan listrik atau bahan bakar lainnya.

Ketika Anda menggantikan pemanas air listrik dengan *Solar Water Heater*, Anda dapat memangkas pemakaian listrik Anda sampai di atas 20 tahun, yang artinya Anda juga mengurangi lebih dari 50 ton Karbon dioksida yang dihasilkannya.

Karbon dioksida sendiri merupakan perangkap panas dalam atmosfer atas, sehingga memberikan kontribusi yang besar terhadap “efek rumah kaca”. Selain itu, Nitrogen oksida, dan Sulfur dioksida merupakan gas gas yang sangat berperan dalam proses terjadinya hujan asam.

Pemanas Air Tenaga Matahari adalah investasi jangka panjang yang akan menghemat uang dan energi selama bertahun-tahun, serta meminimalkan dampak lingkungan dan membuat Anda menikmati sebuah gaya hidup yang nyaman dan modern. Selain itu *Solar Water Heater* juga menyediakan jaminan asuransi terhadap meningkatnya harga energi, membantu

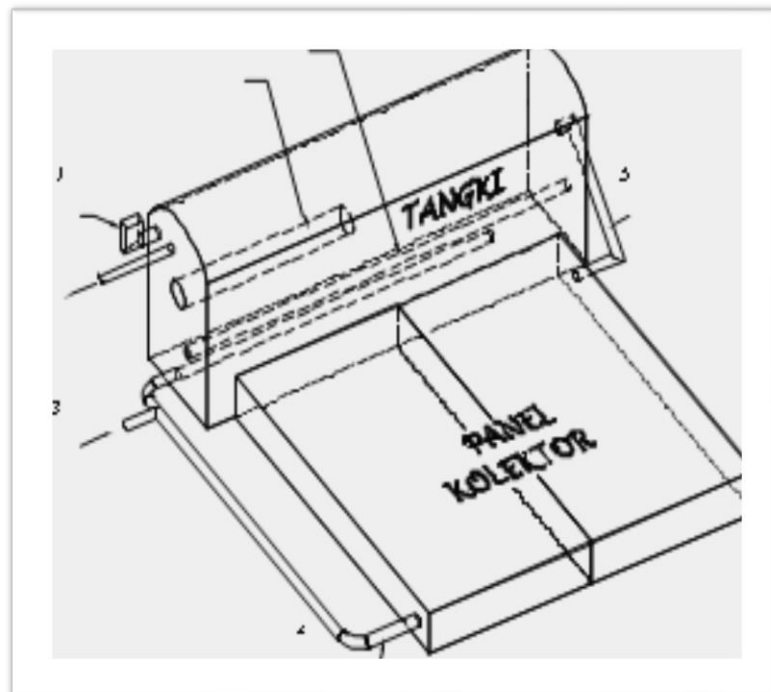
mengurangi ketergantungan terhadap minyak bumi, dan merupakan solusi investasi yang sangat menjanjikan di masa depan.

Jadi begitu banyak manfaat yang dapat kita peroleh dari Pemanas Air Tenaga Matahari, terlebih lagi setelah kita melewati abad millennium ini, dunia kita telah memasuki satu era dimana energi sangat diutamakan, dan banyak pihak akan berlomba-lomba untuk menghasilkan ide-ide maupun penemuan-penemuan yang menggunakan energi yang terbaharukan dan energi alami.

Pada umumnya sistem pemanas terdiri dari sekumpulan kolektor panas matahari, satu sistem fluida untuk memindahkan panas dari kolektor tersebut ke titik penggunaannya. Sistem ini dapat menggunakan tenaga listrik untuk memompakan fluidanya, dan memiliki sebuah reservoir atau tangki untuk menyimpan panasnya dan untuk penggunaan-sistem seperti ini dapat digunakan untuk memanaskan air bagi berbagai penggunaannya, termasuk penggunaan di rumah tangga.

Gambar 4. 1

Solar water heater



Keterangan gambar :

1. Katup pengaman tekanan
2. Outlet air panas
3. Inlet air dingin
4. Air dingin ke kolektor
5. Air panas ke silinder
6. Anoda
7. Alat bantu pemanas
(*auxiliary heating*)

Alat pemanas air yang menggunakan energi matahari merupakan bagian-bagian yang dirangkai menjadi satu unit dengan memilih bahan tertentu untuk panel kolektor, silinder penyimpanan air panas, pipa penghubung air dan sebagainya.

Sebelum membahas lebih lanjut, perlu dijelaskan disini bahwa alat pemanas air energi matahari dapat dibedakan atas dua kelompok, ditinjau dari segi pemakaian yaitu :

Pertama :

Untuk keperluan rumah tangga yang umumnya memakai debit air lebih sedikit dibanding keperluan industri atau komersil.

Kedua :

Alat pemanas air yang mampu memenuhi keperluan air panas untuk industri, hotel, rumah sakit, sport club, sekolah dan sebagainya.

Perbedaan lainnya bila ditinjau dari fisik alat pemanas, cara pemasangannya dari bentuk sederhana hingga sistem pemasangan yang komplikatif.

Jadi alat pemanas ini dapat dikelompokkan menjadi dua bagian yaitu :

- a. Alat pemanas air sederhana

Alat pemanas atau solar water heater sederhana artinya adalah alat pemanas mutlak dengan alat pemanas tambahan dan menggunakan energi listrik (*auxiliary heating*).

Auxiliary heating disini menjadi thermostat dan elemen listrik serta cara pembuatannya tidak sebaik buatan di pabrik yang khusus untuk *solar heater*.

Hal-hal lainnya yang membedakan adalah cara pemakaian bahan-bahan mentah untuk konstruksi fisik solar heater tersebut, tidak selalu mengikuti ketentuan mutu dan jenis bahan standar. Ketentuan yang tidak terlalu pas da standar tersebut dapat mempengaruhi suhu air panas yang dihasilkannya, sebab pembuatan yang dilakukan di pabrik jelas akan lebih baik dibanding hasil buatan tangan dengan peralatan dan bahan yang terbatas.

Tinggi rendahnya suhu air yang telah dipanaskan suatu sistem akan selalu dipengaruhi banyak faktor, baik kondisi cuaca maupun hasil pembuatan alat pemanasnya.

b. Alat pemanas air energi matahari :

(Solar water heater modern)

Alat pemanas ini hampir semuanya dilakukan di pabrik dengan memakai peralatan yang lengkap serta teknisi yang ahli. Oleh karena itu rata-rata hasil buatan pabrik masih lebih banyak dibanding buatan tangan dengan peralatan dan bahan seadanya. Di segi lain barang atau alat pemanas hasil buatan pabrik telah mempunyai paten dan standarisasi, baik ukuran, mutu bahan maupun pengerjaannya.

Adalah merupakan keharusan bila unit pemanas yang dibuat dipabrik selalu dilengkapi dengan elemen listrik dan thermostat.

Baik alat pemanas sederhana maupun moderen, masing-masing tentu mempunyai kekurangan dan kelebihanannya mulai dari tinggi rendahnya suhu air yang dihasilkan sampai efisiensi pemakaian dan biaya pembuatannya.

Beberapa kekurangan unit pemanas yang bila di buat sederhana adalah sebagai berikut:

- 1) Alat pemanas sederhana sebenarnya masih dapat dilengkapi dengan element listrik dan thermostat, tetapi karena komponen di atas ini agak sulit didapat dan harganya cukup mahal, maka dipertimbangkan tanpa alat tersebut, alat pemanas tetap akan dapat memanaskan air melalui kolektor.
- 2) Pemanas yang tidak dilengkapi elemen pemanas (auxiliary heating), pada silinder penyimpan air panas, akan semata-mata mengandalkan adanya panas matahari yang jatuh ke kaca kolektor tanpa bantuan alat pemanas lain, akibat yang dirasakan pemakai akan tampak bilamana musim sedang penghujan yang mengakibatkan berkas cahaya matahari ke kolektor menjadi terganggu.
- 3) Persediaan air panas didalam silinder berkurang karena dipakai walaupun suhunya turun, sehingga tidak efisien dalam penggunaannya. Hal ini sebenarnya akan tetap berlangsung tanpa melengkapi elemen pemanas tambahan tadi.
- 4) Kadang-kadang alat pemanas ini tidak mempunyai katup pengaman tekanan, sehingga disangsikan terjadi gangguan tekanan melebihi standar dan terjadi kebocoran.

Beberapa keuntungan bila melengkapi alat pemanas tambahan pada silinder solar heater ini diantaranya ialah;

- 1) Bila terjadi gangguan berkas sinar matahari langsung ke bidang kolektor, masih dapat menggunakan elemen pemanas seperti yang disebutkan tadi, walaupun hujan turun sehari-hari. Tetapi mengingat biaya

pemakaian energi listrik sangat besar, maka pemakaian elemen tersebut sebaiknya dilakukan bila pada musim hujan atau hari sedang berawan tebal saja.

- 2) Terjadinya saat gangguan cuaca tersebut akhirnya tidak demikian mempengaruhi berlangsungnya proses pemanasan, karena bila air panas dibutuhkan, masih dapat mengharapkan alat pemanas tambahan tadi.
- 3) Unit pemanas modern yang dibuat di pabrik telah memenuhi standart tertentu baik segi kekuatan unit maupun keamanan pemakainnya. Standart tersebut diantaranya pemanas itu telah dilengkapi thermostat, katup pengaman tekanan yang disebut *pressure relief valve*. Thermostat berguba untuk mengukur suhu air yang berada didalam silinder.

Alat pemanas air energi matahari (*solar water heater*) yang dilengkapi thermal system mempunyai 4 bagian pokok yang perlu kita ketahui, yaitu :

- 1) Sistem pengumpul panas atau kolektor.
- 2) Sistem penyimpanan air panas atau *hot water sylinder*.
- 3) Sistem alat bantu pemanas atau *auxiliary heating*.
- 4) Kapasitas air atau *water load*.

Kolektor

Kolektor adalah alat yang khusus dibuat sebagai penerima atau pengumpul panas dari sinar matahari, panas yang diterima dan dikumpul tadi terjadi di dalam ruang antara bidang plat kolektor dengan kaca yang tembus pandang dan meneruskan panas tadi ke pipa-pipa air didalamnya meliputi pipa naik (*riser tube*), maupun pipa induk (*heater tube*). Lihat cara kontruksi kolektor dalam buku .

Beberapa tahun lalu, bahan untuk pembuatan riser umumnya dari pipa tembaga. Tetapi sekarang telah ditemukan cara yang lebih baru bahkan dengan plat lembaran tembaga bergelombang.

Plat tembaga gelombang tersebut terdiri dari dua lembar bahan dirapatkan secara bolak balik agar didapatkan ruang-ruang air yang lebih baik dan dapat dialiri air.

Hasilnya tiap gelombang membentuk saluran atau pipa-pipa dengan jarak berdekatan. Percobaan seperti ini pertama kali dilakukan disalah satu universitas di Canada dan Australia.

Sistem Kolektor Flat bentuknya seperti sebuah kotak yang ukurannya relatif besar, umumnya diletakkan diatas atap rumah. Didalam kotak tersebut berisi sebuah lempengan kaca bening yang dibawahnya terdapat lempengan penyerap panas. Air atau cairan yang akan dipanaskan melewati pipa-pipa yang terletak dibawah lempengan penyerap panas tersebut. Lempengan penyerap panas dibungkus oleh lapisan isolasi agar panas tidak keluar, tetapi sistem isolasi ini belum maksimal karena panas sangat mudah terbawa keluar oleh faktor cuaca.

Silinder

Silinder atau tangki air panas berfungsi sebagai tempat penyimpanan air panas yang dihasilkan oleh kolektor. Sebagai pembuatan silinder atau tangki air panas, bahan yang terbaik adalah lembaran yang tahan terhadap pengaruh karat seperti tembaga. Dari plat baja lembaran juga dapat di buat berbentuk tangki atau silinder, harus diberi lapisan enamel primaglaze agar tahan terhadap proses karat.

Alat bantu pemanas

Sebagai alat bantu pemanas air di dalam silinder atau tangki tersebut dibuat pemasangan elemen listrik. Penempatan elemen listrik ini di dalam silinder kurang lebih sama caranya dengan electric water heater. Elemen yang di pasang itu rata-rata mempunyai daya panas listrik : 1.000 watt. Jadi sistem pemanas air yang dapat berlangsung pada solar water heater ini adalah ganda. Artinya dapat menggunakan energi matahari saja, atau energi listrik atau secara bersama-sama energi matahari dan listrik pemakai energi listrik sering dilakukan bila dipandang perlu saja, misalnya bila sinar matahari tidak dapat mencapai kolektor pemanas akibat teretutup awan tebal atau kabut serta hujan. Bila membuat hal di atas ini, berarti sudah melakukan penghematan pemakaian daya listrik apalagi bila dibanding dengan memakai alat pemanas listrik secara khusus.

Kapasitas a

Debit air panas yang dapat disimpan dapat dipengaruhi oleh ukuran isi tangki atau selinder yang dipersiapkan dan oleh besarnya bidang kolektor penangkap sinar matahari.

Baik isi tangki maupun kemampuan kolektor memanaskan air harus ada keseimbangan. Walaupun belum ada ketentuan volume silinder air panas sederhana buatan tangan, maka sebagai alternatif pendekatan kapasitas isi dapat mengikuti ukuran yang ditentukan pada silinder buatan pabrik, yaitu : mulai dari 140, 180, 270, dan 340 liter air. Kapasitas isi air yang lebih besar/ banyak tentu masih banyak di buat, akan tetapi mengingat pemakaian air panas perlu perhitungan, maka kapasitas isi air panas yang lebih besar biasanya diperlukan untuk hotel-hotel, vila maupun restoran. Seperti telah disebutkan sebelumnya bahwa besarnya tangki atau silinder penyimpanan harus sebanding dengan luas kolektor cahaya. Jadi dapat diartikan bertambah banyak memerlukan air panas, ukuran kolektor mutlak harus diperluas.

Adapun ukuran debit silinder yang sudah ditentukan hanya untuk keperluan dan kebutuhan non komersial , misalnya untuk keperluan air panas dalam rumah tangga.

Kita misalkan suatu keluarga besar atau sedang memerlukan 200 liter air panas per hari untuk mandi, cuci dan masak, maka secara minimal alat pemanas atau kolektor dan silinder penyimpanan harus mampu menghasilkan 200 ltr air panas per hari.

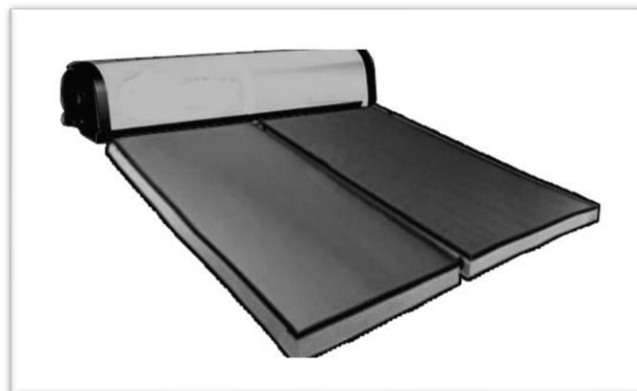
Sistem kontruksi kolektor yang dibuat demikian rupa harus mampu menangkap panas atau berkas cahaya, mengumpulkannya dalam panil kemudian panel menstaranfer panas tersebut ke pipa air didalamnya. Adapun detail proses berlangsungnya pemanasan tadi akan dapat dijelaskan dalam bahasan lin pada buku ini.

Terjadinya pemanasan air secara sempurna selalu tergantung pada pembuatan kontruksi tersebut bertambah baik sistem pemanas yang dibuat, maka bertambah tinggi suhu air yang diproduksi dan di tunjang dengan kontinuitas masuknya berkas cahaya pada kolektor.

Bentuk-bentuk kontruksi *solar water heater* yang diproduksi di pabrik maupun buatan tangan ada bermacam-macam. Ada yang berbentuk tangki ! atau selinder terpadu, ada pula dengan terpisah. Salah satu ciontoh siolinder yang dipadukan dengan kolektor adalah seperti yang terlihat pada gambar

Gambar 4. 2

solar water heater



2. Sistem pemanas

Menurut bentuk fisik dan cara kerja, solar water heater tersebut dapat di bagi 2 sistem yaitu :

- a. Sistem pemanas pasif
- b. Sistem pemanas aktif

a. Sistem pemananas pasif

Solar water heater yang menggunakan sistem pemanas pasif adalah cara bekerja alat pemanas yang semata-mata memerlukan dan mengandalkan pengaliran air itu tanpa dilengkapi alat mekanis atau sejenisnya. Sehingga air dapat bergerak hanya oleh adanya perbedaan tinggi permukaan air, baik dalam panil kolektor maupun silinder.

“Artinya air dapat mengalir dari ketinggian tertentu ke dalam kolektor dan dari tangki atau silinder penyimpanan air. Adanya tekanan gravitasi ini dapat dipengaruhi keadaan suhu air di dalam sistem penyaluran. Sistem yang disebutkan di atas ini disebut dengan sistem thermosiphon.

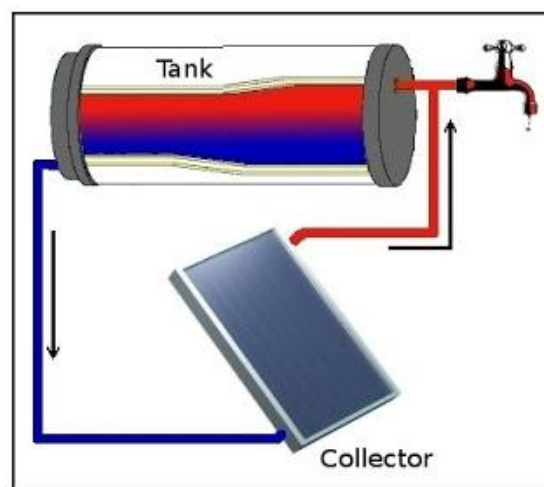
Suatu hal yang kurang menguntungkan bila memakai sistem pasif ini, suhu iar didalam silinder tidak selalu stabil, karena bila malam hari terutama saat cuaca dingin di luar akan dapat mempengaruhi panasnya air menjadi turun. Hal ini diakibatkan terjadinya aliran balik (*back flow water*) dari silinder ke kolektor yang umumnya tersimpan di luar di atas atap bangunan. Sesuai namanya pemanas air jenis ini memanfaatkan sinar matahari sebagai energi untuk memanaskan air. Dikatakan pasif karena jenis ini sama sekali tidak membutuhkan energi lain dalam proses produksi air panas. Dengan kata lain 100% mengandalkan tenaga sinar matahari.

Pemanas air jenis ini terdiri 2 komponen utama, yaitu panel kolektor dan

tangki penyimpanan, yang terhubung oleh dua pipa. Pada panel kolektor terdapat penutup kaca yang berfungsi menangkap panas sinar matahari yang didalamnya terdapat susunan rangkaian pipa tembaga sebagai jalur air yang dibalut sirip-sirip penyerap panas (absorber). Sedangkan tangki berfungsi seperti termos untuk menampung air panas agar panasnya tahan lama.

Gambar 4. 3

Koletor panas



Cara kerjanya, seperti terlihat pada gambar di atas, pada saat matahari bersinar, panel kolektor menangkap sinar matahari dan secara mekanis mengalirkan panas dari sirip-sirip penyerap panas ke pipa-pipa tembaga yang berisi air, sehingga suhu air di dalamnya perlahan meningkat. Air yang lebih panas akan bergerak ke atas memasuki tangki penyimpanan dan air yang lebih dingin akan turun memasuki rangkaian pipa tembaga untuk dipanaskan. Begitu seterusnya air bergerak sendiri sampai seluruh air dalam tangki penyimpanan mencapai suhu yang diinginkan. Ketika suhu air panas di tangki penyimpanan sama dengan suhu air panas di panel kolektor, dengan sendirinya air berhenti mengalir.

Sistem Pasif. Sistem Inlet dan Outlet itu sendiri berhubungan dengan kinerja dan proses pendistribusian air pada unit, baik itu air panas maupun air dingin.

Pemanas air tenaga matahari sistem pasif tidak menggunakan energi tambahan dari pompa, melainkan bergantung pada proses alam, untuk mengedarkan air. Sistem ini dapat diandalkan, tahan lama dan tergolong lebih murah, sistem pemanas air tenaga matahari pasif cukup baik dalam proses menyediakan air panas dengan sinar matahari. Salah satu contoh sistem pemanas air tenaga matahari pasif adalah *system thermosyphon*.

System Thermosyphon ialah suatu sistem yang mengacu pada metode pertukaran panas pasif berdasarkan konveksi alam, yang beredar tanpa perlu adanya pompa mekanik.

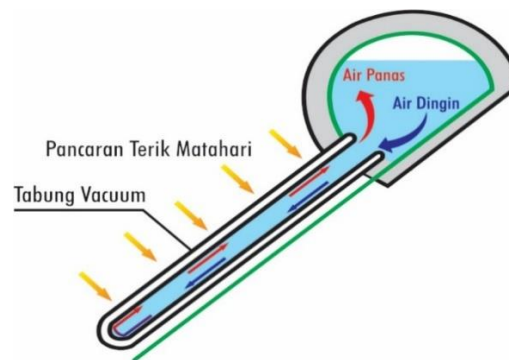
Gerakan konvektif cairan dimulai ketika air dalam tabung dipanaskan, menyebabkan air tersebut memuai dan massa jenisnya menjadi kecil, sehingga lebih ringan daripada air dingin yang berada di bagian bawah tabung. Akibatnya air yang panas tadi mengalir dan tempatnya akan diisi oleh air yang lebih dingin karena massa jenisnya lebih besar. Inilah yang disebut dengan *system thermosyphon*.

pemasangannya selalu di atap rumah. Selain untuk mendapatkan sinar matahari yang cukup, kemiringan atap dimanfaatkan untuk meletakkan posisi tangki penyimpanan lebih tinggi dari panel kolektornya. Jika tempat pemasangannya datar, pemasangan alat ini tetap harus miring dengan posisi tangki penyimpanan lebih tinggi dari panel kolektornya, seperti gambar di bawah ini

Bentuk *solar water heater* dengan sistem pasif tersebut seperti terlihat pada gambar

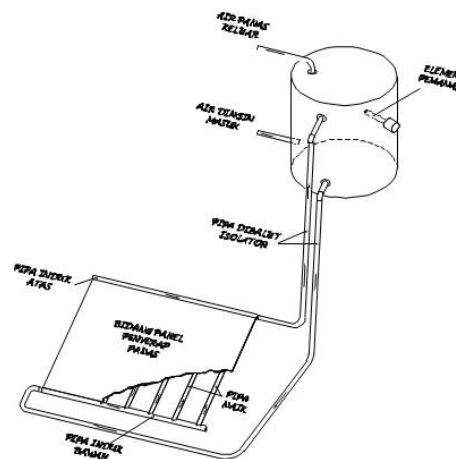
Gambar 4. 4

Reaksi Radiasi sinar matahari terhadap kolektor



Gambar 4. 5

solar water heater thermosiphon



Keterangan gambar

1. Inlet air dingin
2. Pipa penghubung
3. Pipa naik (riser pipe 20-25 mm)
4. Pipa induk (header pipe 20-25 mm)
5. Kolektor
6. Elemen
7. Pipa ke pemakaian

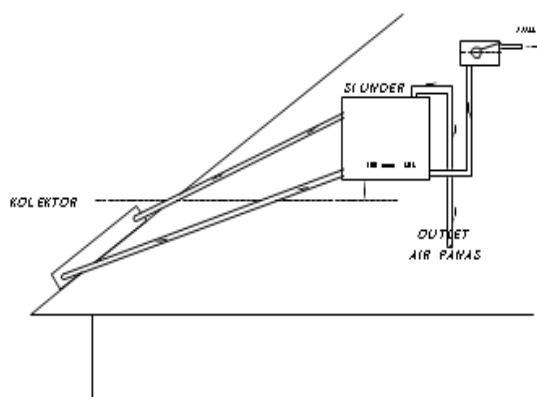
PERHATIKAN: Silinder terpisah dari bidang kolektor, bandingkan pula dengan sistem aktif.

Pada daerah yang beriklim tropis seperti Indonesia, penurunan

Pada daerah yang beriklim tropis seperti Indonesia, penurunan suhu yang terjadi akibat salah satu cara untuk menanggulangi hal ini dapat mempertinggi kedudukan silinder air sedikit-dikitnya :300 mm yang di ukur elevasinya tepat pada outlet atas panil kolektor. Lihat gambar

Gambar 4. 6

Tampak samping Thermosiphon solar water heater



b. Sistem pemanas aktif

Pada situasi dan kondisi tempat pemasangan sistem pemanas aktif tidak memungkinkan, maka tidak perlu memasang dengan cara thersiphon sebagaimana sistem pasif. Artinya bila pemasangan silinder air panas yang direncanakan di ruang kosong antara atap dengan plafon bangunan, dan kolektor harus tetap dipasang pada atap.

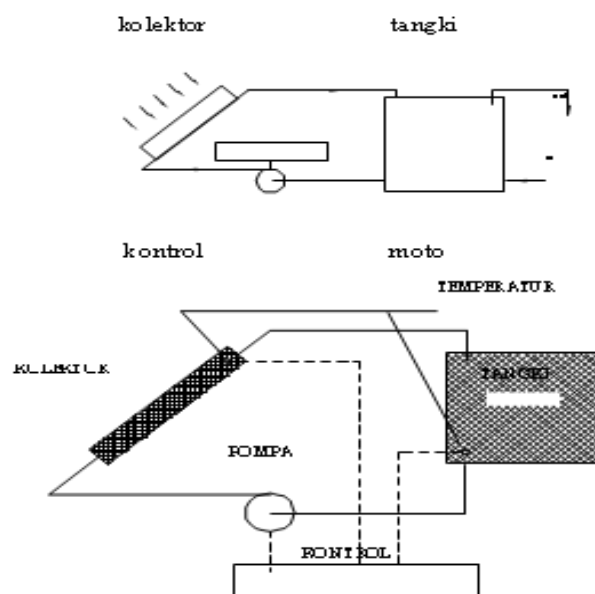
Sama seperti pemanas air tenaga surya sistem pasif, pemanas air tenaga surya sistem aktif tetap memanfaatkan energi matahari untuk proses pemanasan airnya, hanya saja untuk pendistribusian air panas dan air dinginnya tetap memerlukan tenaga listrik untuk menggerakkan pompa dan perangkat kontrol otomatisnya.

Pemanas air tenaga surya sistem aktif, dirancang untuk keperluan air panas dalam skala besar, seperti hotel-hotel, spa, rumah sakit dan apartemen.

Karenanya sistem aktif ini memerlukan komponen pendukung yang lebih kompleks dan kapasitas tanki penampungan yang jauh lebih besar.

Pada kondisi khusus / darurat, seperti cuaca hujan atau mendung berhari-hari, sementara kebutuhan akan air panas justru meningkat, sistem ini dilengkapi pemanas air energi listrik, gas atau *heat*

Gambar 4. 7 Skema alat pemanas sistem aktif dilengkapi *temperature control*



Kadang-kadang partikel air dan terjadinya proses kerat dalam pipa dapat mengakibatkan sumbatan pipa airnya. Hal tersebut dapat saja terjadi dalam pipa bila arus air agak lambat. Agar air lebih lancar dan tidak terjadi endapan partikel pada dinding dalam pipa, dapat di atasi dengan melengkapi alat bantu berupa alat mekanis (pompa). Pompa ini berfungsi ganda, misalnya mendorong air menuju kolektor panas. Setiap pemasangan pompa bantu pada solar water heater ini, masih perlu dilengkapi alat pengontrol. Hubungan kawat listrik dari pompa air Booster diusahakan pada tempat yang mudah terjangkau.

Beberapa keuntungan yang dapat kita ambil bila menggunakan alat pemanas air yang lain adalah karena :

- (1) Dapat menghasilkan air panas untuk berbagai kebutuhan dengan biaya yang relatif murah
- (2) Dapat menghemat energi listrik pada bangunan tersebut
- (3) Dapat menambah nilai dan harga bangunan
- (4) Sistem sirkuit dapat terlindung, tertutup dan terlihat eksklusif
- (5) Kebutuhan air panas akan selalu terpenuhi sepanjang tahun dengan bantuan pompa listrik booster yang hanya dioperasikan pada saat dibutuhkan
- (6) Konversi energi mampu memelihara kelestarian lingkungan, karena tidak menimbulkan polusi.

3. Radiasi cahaya matahari

Matahari memancarkan radiasi cahaya dengan berbagai panjang gelombang, mulai dari ultraviolet, cahaya tampak, sampai infrared dari spektrum elektromagnetik. Radiasi ini timbul sebagai akibat dari permukaan matahari yang mempunyai temperatur sekitar 5800 K (~5500 C) sehingga spektrum yang dipancarkan matahari sama dengan spektrum dari *blackbody* pada temperatur yang sama. Blackbody ini didefinisikan sebagai objek yang menyerap secara sempurna semua radiasi elektromagnetik, dan juga mampu memancarkan radiasi dengan distribusi energi bergantung kepada temperaturnya. Energi yang berasal dari matahari berbeda dengan sumber energi lain seperti energi gas atau listrik. Pengertian secara umum energi matahari tidak mungkin dapat diberhentikan seperti dengan cara kita memutar stop kran.

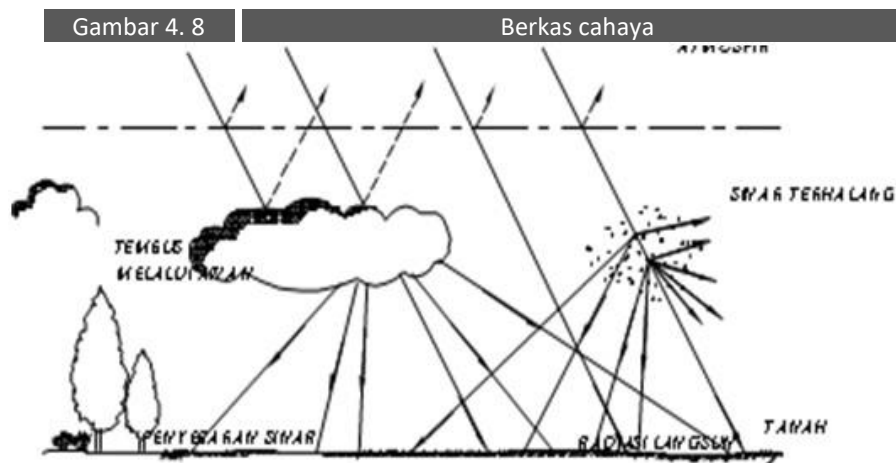
Sinar matahari selali didapatkan sesuai dengan siklus yang berlangsung sepanjang hari dan hanya dapat terganggu oleh tutupan awan tebal atau hari sedang penghujan.

Dalam rangka pencapaian efisiensi pemakaian, tentu kita tidak luput mempertimbangkan :

- a. Seberapa banyak energi yang didapat dari sinar matahari
- b. Bagaimana cara mendapatkan energi yang berasal dari matahari.

4. Efek sinar matahari ke bumi

Terjadinya radiasi matahari adalah adanya pemecahan atau pencairan nuklir (nuclear) oleh panas dari matahari. Tenaga atau intensitas matahari pada setiap titik di angkasa tergantung jauh dekatnya titik tersebut dari matahari. Secara jarak rata-rata bumi dengan matahari, radiasi nya mempunyai kekuatan panas sekitar 1.353 watt/m² atau 1.353 kw/m² pada bagian yang tersinari langsung di permukaan bumi dan atmosfer.



Sebelum cahaya menjangkau bumi, terlebih dulu menembus lapisan-lapisan atmosfer. Banyak hal-hal yang harus dilalui sebelum sinar, radiasi sebelum sampai ke permukaan bumi kita ini untuk mempermudah mempelajari proses nya, kita dapat membuat perbandingan nya terjadinya proses penembusan dan peresapan berkas-berkas sinar itu tentu berkurang oleh berbagai hal misal nya kepada awan, debu-debu dan unsur lain. Artinya adanya awan atau bintik-bintik debu, polusi di atmosfer dapat mengurangi efektif nya berkas cahaya yang menjangkau bumi. Oleh karena gangguan-gangguan tadi maka sulit ditentukan secara pasti berapa jumlah radiasi yang mencapai permukaan bumi. Walaupun demikian pengetahuan radiasi telah membantu penelitian keadaan cuaca di bumi kita ini.

5. Radiasi pada permukaan bumi

Radiasi yang sampai dipermukaan bumi dapat dibagi dua jenis atau bagian yaitu :

- a. Cahaya yang langsung atau cahaya yang lurus.
- b. Radiasi yang menyebar menembus partikel udara.

Cahaya atau sinar langsung adalah radiasi yang secara langsung menyinari bumi tanpa gangguan awan atau debu-debu di udara. Sedangkan “defuse radiation” adalah hasil cahaya akibat tembusan dari awan dan debu-debu udara, cara ini dapat disebut sinar tak langsung. Bila cuaca cerah dan terik, maka berkas cahaya mampu menjangkau bumi dapat mencapai efektifitas hingga 95%. Namun demikian berkas cahaya yang amat besar dapat menimbulkan pantulan. Berkas-berkas cahaya dapat pula difokuskan dengan menggunakan cermin dan lensa tertentu dan bentuk nya khusus.

Cermin atau lensa yang dibuat secara khusus tadi dilakukan untuk berbagai keperluan, misalnya mempertinggi suhu cahaya. Bila suhu yang cukup tinggi diarahkan pada sistem pemanas air seperti solar water heater, dapat memanaskan air didalam sistem pipa menjadi mendidih bahkan dapat melebihi titik didih 1000 celcius.

Tinggi nya panas yang didapat dari berkas cahaya yang difokuskan tadi dengan alat lensa, maka panas dapat dilipatgandakan. Untuk membuktikan hal di atas dapat kita buktikan dengan cara sederhana.

Contoh :

Untuk mencoba memusatkan seberkas cahaya dari matahari, kita ambil sebuah kaca pembesar atau lensa yang pada bagian bawah nya di tempatkan selembar kertas tipis, kita tunggu beberapa menit, kertas tadipun menjadi terbakar dan berlubang. Dalam percobaan ini dapat terjadi bila berkas itu merupakan berkas cahaya langsung.

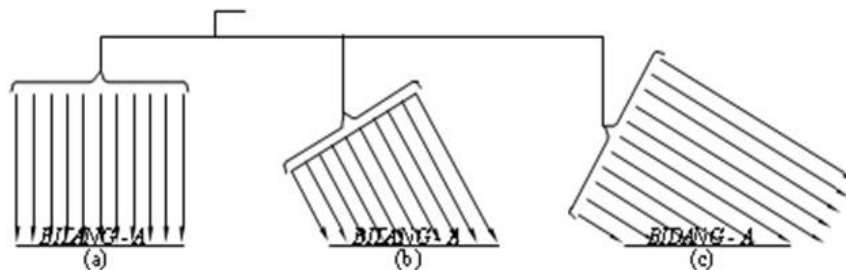
Dari percobaan ini dapat diambil kesimpulan bahwa panil kolektor pada solar water heater dapat dipasang sejumlah lensa atau kaca pembesar bila kita memerlukan hasil temperatur air yang melebihi titik didih.

Selama berkas cahaya terganggu lapisan-lapisan atmosfer, maka selama itu pula berlangsung kehilangan panas oleh berkas cahaya yang paling tinggi biasanya bila berkas itu jatuh secara tegak ke permukaan datar.

Hal ini dapat kita buktikan bila pagi hari matahari mulai terbit, panas yang kita terima di tempat kita berdiri tidak terlalu tinggi kemudian bila saatnya tengah hari berkas cahaya tadi akan terasa semakin panas dan berkurang bila menjelang sore hari. Gambaran tadi dapat dipelajari dan dibandingkan dengan melihat gambar berikut :

Gambar 4. 9

Pengaruh sudut cahaya pada permukaan

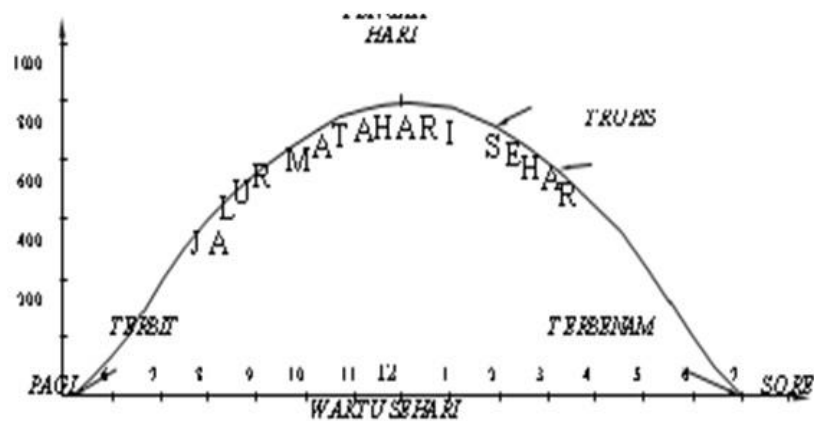


Perhatikan kembali gambar diatas : ketika contoh dengan 11 (sebelas) berkas cahaya dan jatuh di bidang A. Bila cahaya sedang tegak lurus, maka keseluruhan (11 berkas) tadi pun akan jatuh pada A (a). Kemudian semua berkas (11 berkas) tadi kita arahkan ke bidang yang sama (A) tetapi sudut nya berbeda dengan (a). Tadi yaitu semua berkas tadi sama dimiringkan maka hasilnya tidak semua berkas cahaya itu tertangkap bidang A. Hal ini merupakan salah satu bukti bahwa matahari sedang merendah di angkasa (bagian (a) dan (b)), maka berkas tadi jadi kurang efektif.

Perhatikan dan hitunglah pada gambar, bahwa hanya 9 dari 11 berkas yang menyentuh bidang A dan pada (c) hanya ada 5 berkas pada bidang A.

“bertambah rendah kedudukan matahari diangkasa, berkurang pula jumlah berkas cahaya yang tertangkap oleh suatu bidang dalam m^2 ”.

Gambar 4. 10 Garis peredaran matahari (contoh skema perbandingan)



Sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya bahwa jangkauan sinar matahari dimuka bumi bila berkas tegak lurus di angkasa di tempat kita berdiri. Kita ambil saja contoh posisi bagian selatan garis khatulistiwa (sekitar $23 \frac{1}{2}^{\circ}$ LS), panas matahari tertinggi mengarah ke utara terutama bila hari benar-benar cerah.

7. Menempatkan panil kolektor

Panil kolektor dapat dipasang di halaman, pekarangan yang kosong di sekitar bangunan. Akan tetapi tidak kurang jumlahnya menempatkan kolektor di atap bangunan, asalkan kerangka atap cukup kuat untuk mendukung unit kolektor itu.

Baik pemasangan disekitar pekarangan maupun di bidang atap bangunan, sama-sama bertujuan untuk penyesuaian sudut panil kolektor agar proses pemanasan baik. Belum tentu semua kerangka bangunan atap cukup kuat untuk menerima beban dari kolektor terutama bila sedang dioperasikan. Oleh karena itu sebelum merencanakan atau mengambil keputusan penempatan, terlebih dahulu harus melakukan test dan penelitian konstruksi, untuk mengetahui apakah kerangka atap pada lokasi tertentu cukup mampu menerima beban panel termasuk isinya.

Pada sistem demikian, ada dua alternatif yang dapat dilakukan, yaitu :

- a. Menambah konstruksi khusus yang berfungsi menyangga beban tambahan (kolektor) diluar beban atap langsung, penyangga diatur sedemikian rupa sehingga mempermudah mengatur sudut kolektor ke arah yang dikehendaki.
- b. Penyambungan, penambahan kerangka penyangga harus mempertimbangkan segi keindahan dan tidak sampai merusak bentuk bangunan aslinya.

Pemasangan kolektor dengan selinder terpisah yaitu panil kolektor berada pada atap dan silinder umumnya berada diantara atap dengan plafon dengan membuat kerangka dudukan yang cukup kuat. Terjadi kadang-kadang terjadi penggabungan kolektor dengan silinder yang kedua-dua bagian tersebut sama-sama kedudukan diatas atap . untuk menambah keyakinan kedudukan solar water heater tadi, tentu kita dapat menghitung beban unit sendiri + perhitungan isi kolektor maupun silinder dalam keadaan penuh. Perhitungan beban tentunya harus ditambah beban lain lain yang tak diduga misalnya angin.

8. Fungsi kolektor

Kolektor pada solar water heater disebut *solar heater collector* (inggris) berfungsi menerima berkas cahaya dengan jumlah banyak. Berkas-berkas cahaya tadi diubah oleh sistem kolektor dengan cara radiasi ke dinding kotak kolektor sekaligus ke pipa-pipa naik (riser pipe) maupun pipa induk (header pipe) didalam kolektor.

Berkas-berkas yang masuk melalui kaca transparan langsung mencapai plat kolektor yang bahannya dari lembaran tembaga atau bahan lain yang sesuai asal bersifat menghantar panas yang cukup baik.

Bentuk kolektor yang sederhana sehingga semo moderen terbuat dari bahan plat galvanisir, pipa tembaga dan alumunium, dengan bahan penutupnya dari kaca tembus pandang dengan ketebalan minimal : 5 mm. Kadang-kadang kolektor dapat pula dilengkapi dengan sistem tabung cekung bersalut chorm pada bagian dalamnya.

Pada sistem kolektor tertentu, baik untuk kebutuhan memanaskan air dengan suhu sangat tinggi atau untuk keperluan lain dapat dilengkapi dengan sistem pemasangan sel-sel solar (*solar cell*). Dengan menggunakan sel solar ini biaya dianggap cukup tinggi, oleh karenanya jarang sekali digunakan sebagai pemanas air.

Tabung cekung atau semi cekung yang berlapis *chrom* tadi berfungsi sebagai menambah pantulan berkas cahaya yang tertangkap kolektor. Hasilnya memang lebih baik dibanding plat kolektor rata.

9. Bentuk kolektor panas

Bentuk panil kolektor yang sering kita lihat dalam perdangangan adalah tipe kolektor bidang rata tanpa menggunakan plat cekung yang di *chrom*. Urutan pemasangan mulai dasar kolektor hingga alas kolektor dari bahan plat, isolator, plat penyerap panas, pipa naik dan pipa induk, kemudian sebagai penutup badan kolektor dibuat dari bahan kaca. Perhatikan pada gambar.

Konstruksi badan kolektor untuk memanaskan air keperluan keluarga dirancang agar tahan menerima dan menghasilkan temperatur antara : 80 – 90 derajat celsius. Namun demikian panas tersebut kadang-kadang dapat berkurang bila cara pembuatan alat kurang kedap panas.

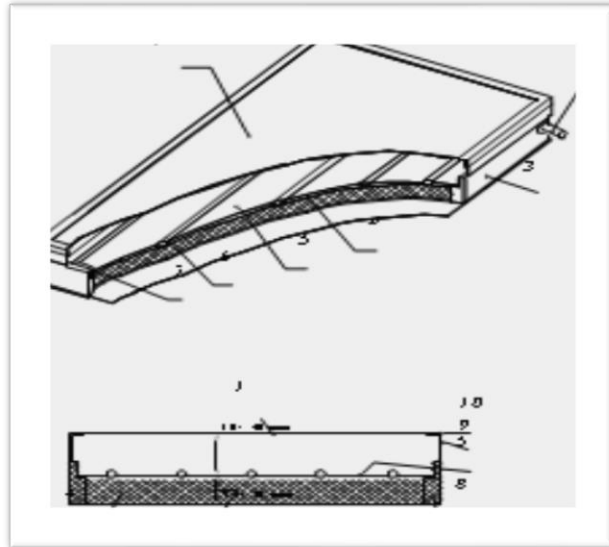
Cara mengurangi terjadinya kehilangan panas yang telah diterima oleh kolektor adalah sebagai berikut :

- a. Bak kolektor terutama pada bagian dalamnya harus di balut atau ditutupi bahan isolator dengan baik dan rapi.
- b. Melengkapi bahan isolator, baik pada bagian bawah maupun samping bak kolektor agar tidak terjadi kehilangan panas
- c. Melengkapi bahan penutup tembus pandang dari kaca, tepat di atas bak dengan dua alasan :
 - 1) Penutup transparan itu kuat terhadap pengaruh angin dan cuaca.
 - 2) Cukup kuat menerima berkas panas dan meneruskannya ke plat menyerap panas dan pipa, tetapi harus dapat menahan pantulan panas keluar dari kolektor.

10. Bahan panel kolektor

Beberapa pertimbangan yang perlu diperhatikan bila memilih bahan-bahan untuk kolektor adalah:

- a. Cukup kuat menahan pengaruh panas dari matahari, walaupun terjadi gangguan aliran air dalam sistem kolektor.
- b. Cukup mudah dikerjakan, mudah dirapatkan agar tidak terjadi kebocoran baik udara, hujan maupun air dari pipa.
- c. Dapat menahan peregangan bahan kolektor akibat terjadinya perbedaan suhu.



Keterangan gambar :

1. Kaca penutup
2. Out let kolektor
3. Bak kolektor
4. Isolator
5. Plat penyerap panas
6. Pipa naik (*riser*)
7. Pipa induk (*header*)
8. Isolator sisi
9. Sekrup perapat
10. Plat perapat

11. Rangkaian pipa kolektor

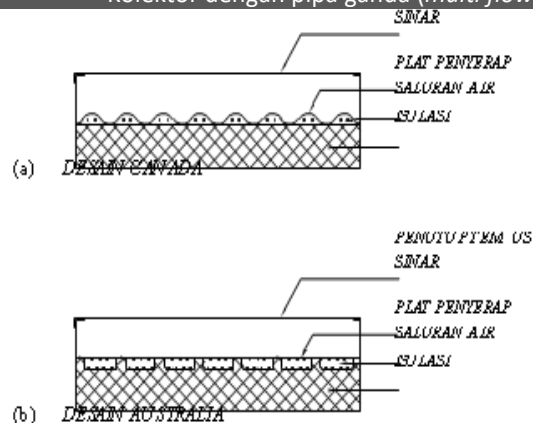
Jarak antara pipa naik (*riser pipe*) sekitar 150 mm, namun demikian kita dapat membuat dengan jarak lebih rapat dari ketentuan ini. Besar diameter pipa naik umumnya 13 mm (1/2") disambung ke pipa induk di atas dan di bawah berdiameter 20 mm (3/4").

Pipa induk atau header pipe berguna membagi air ke pipa naik dan mengumpulkannya ke outlet kolektor. Jarak kaca penutup dari atas kolektor penyerap antara 30 – 40 mm artinya kekosongan antara isolator bagian atas hingga kaca 30 – 40 mm, ketebalan isolator diatur berkisar 25-50 mm. Bila memungkinkan bahan isolator juga dipasang keseluruhan sisi-sisi bak kolektor. Hal ini berfungsi mengatasi terjadinya kehilangan panas yang berasal dari berkas cahaya yang masuk.

Bentuk plat [penyerap panas dengan tipe lain adalah seperti pada gambar berikut ini. Kalau pada sebelumnya berbentuk rata, maka berikut ini dipasang seperti bentuk seng gelombang dan dibawahnya terdapat pipa naik

Gambar 4. 12

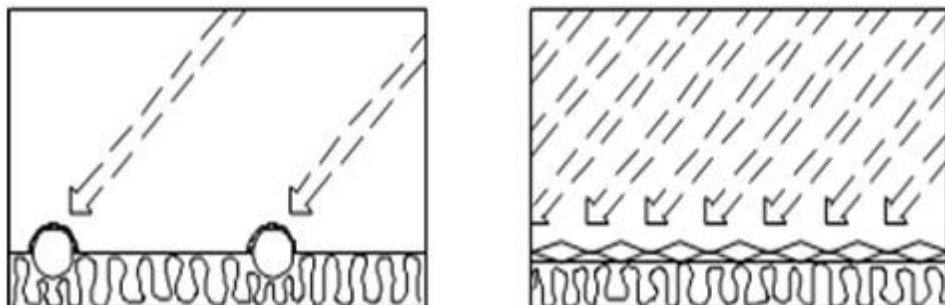
Kolektor dengan pipa ganda (*multi flow*)



Dua lembaran penyerap dirapatkan dengan lem khusus tahan panas atau di las titik atau patri, kemudian pipa air dirapatkan kelembaran gelombang pada (a) atau lembaran yang rata pada (b) setelah dilakukan penggabungan pada gambar (a) hasilnya terlihat seperti gambar tiga dimensi berikut ini:



Perbedaan hasil air panas akan jelas terlihat pada tipe multi flow dengan yang biasa. Dengan memasang pipa multi flow, maka volume air yang dipanaskan akan lebih banyak dibanding cara biasa. Karena pada tipe multi flow itu, berkas cahaya akan efektif pada pipa-pipa kolektor.



a. Plat penyerap panas

Dalam rangka pembuatan plat penyerap pada kolektor, pemilihan bahan plat gelombang yang sifatnya anti karat dan alur-alur gelombangnyapun menjadi lebih banyak dan efektif karena dapat menyalurkan air lebih banyak dalam proses pemanasan.

Alur-alur gelombang atau sirip-sirip alur air ini sekaligus berfungsi sebagai pengganti plat penyerap, pipa naik pada sistem non multiflow.

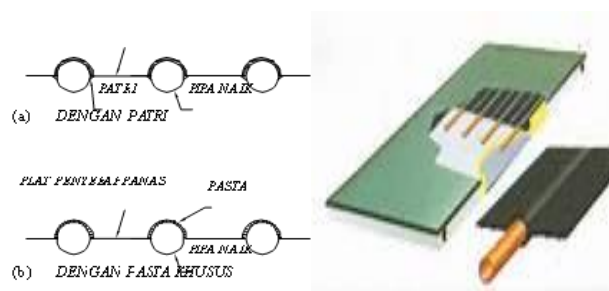
Namun demikian untuk pipa perantara yang berfungsi sebagai pembangi dan pengumpul air panas yang dihasilkan sebelum diteruskan ke selinder, perlu disediakan pipa induk pada ujung-ujung alurnya dan disambungkan demikian rupa, sehingga tidak bocor.

Bahan yang paling baik untuk kolektor seperti tembaga, kuningan maupun alumunium, harganya amat mahal.

Oleh karena itu berbagai pertimbangan pemilihan. Bahan perlu dilakukan karena :

- 1) Tembaga, kuningan maupun alumunium harganya mahal.
- 2) Logam ferro dan bahan liannya dianggap kurang baik walau harga murah dan mudah didapatkan
- 3) Pemakaian logam ferro sangat terbatas pada plat kolektor dan pipa penghubung kolektor dengan selinder panas.
- 4) Penyambungan bahan yang berbeda sifat dan ketebalannya, sedikit sulit dilakukan karena daya muainya berbeda pada saat di las
- 5) Membutuhkan ketelitian saat penyambungan sistemnya, karena hasil sambungan bahan yang berbeda sifat dapat menimbulkan karat, sebab harus dilakukan dengan pengelasan atau dengan patri kera

Gambar 4. 15 Cara penyambungan plat penyerap dengan pipa



Ditinjau dari keterangan di atas ini, maka hal yang baik dilakukan adalah menyambung atau menggabungkan dengan bahan sejenis yang sifatnya tidak dapat menimbulkan karat.

Bila memilih bahan alumunium, maka bahan ini sebaiknya dibuat sebagai plat penyerap, sedang sebagai pipa naik atau riser pipe lebih baik dari bahan tembaga.

Beberapa dampak yang ditimbulkan bila menyambung bahan yang berlainan jenis seperti alumunium dengan tembaga antara lain adalah pertama; sulit memadukan bahan tersebut menjadi satu dan para teknisi yang dapat mengerjakannya sangat jarang didapat.

Faktor kedua bahan dapat tersambung, tetapi pada akhirnya akibat proses penyambungan kedua bahan yang berbeda dapat menimbulkan pengkaratan dan berakhir dengan kemungkinan terjadinya kebocoran.

Bahan alumunium tersebut bila digunakan sebagai kontruksi solar water heater, selain sebagai plat penyerap panas, cocok dan pantas sebagai bahan penyalut dan plat penjepit kaca transparan , penutup luar kecuali kaca kolektor dibagian alumunium juga mempunyai sifat mudah dibentuk, tahan pengaruh karat, ringan dan dapat berfungsi sebagai menambah keindahan kontruksi.

b. Bahan pelapis plat penyerap

Ada dua persyaratan bahan penyerap kolektor yaitu :

- 1) Bahan tersebut mampu menyerap panas bila dipasang didalam kolektor.
- 2) Bahan tidak mudah berubah bentuk akibat panas maupun cuaca dingin.

Agar dapat mempertinggi reaksi penerimaan panas, cara yang sederhana adalah dengan menambah lapisan cat hitam atau warna gelap pada plat penyerap tersebut. Plat yang dipasang dan dikonstruksi baik akan dapat menyerap hingga : 96% panas dari jumlah yang diterima. Jenis cat yang kuat terhadap panas yang

umum digunakan untuk blok mesin adalah bahan yang paling baik untuk melapisi plat penyerap ini, karena tahan hingga suhu : 200 derajat celcius.

c. Isolator

Beberapa persyaratan bahan isolator yang akan digunakan sebagai lapisan dalam kolektor panas adalah sebagai berikut :

- 1) Isolator tidak bersifat menghantar panas walaupun tertimpa panas, suhu yang tinggi.
- 2) Isolator dapat menahan atau merendam suhu panas pada kolektor secara langsung.

Bahan-bahan isolator yang dianggap baik dan yang umum dipergunakan pada kolektor panas adalah polyurethane, rock wool, campuran rock wool dengan alumunium foil, mineral wool, fiberglass dan polystyrene.

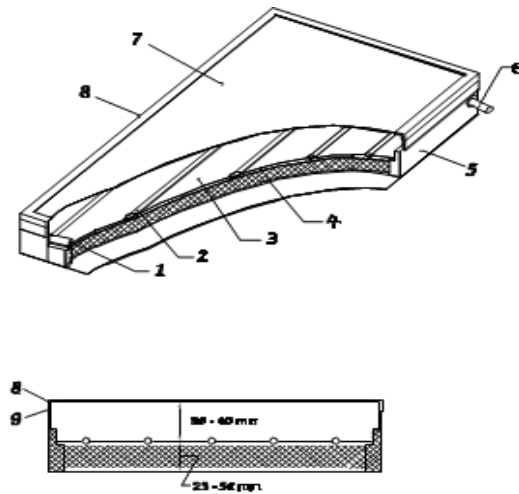
d. Bak kolektor

Bahan bak kolektor dapat dibuat dari multiflek, lembaran plat baja lunak, lembaran galvanis atau lembaran alumunium.

Bak kolektor berfungsi sebagai penahan dan pengaman berbagai komponen di dalam kolektor, baik dari pengaruh cuaca maupun berbagai getaran sekitarnya.

e. Kaca penutup.

Kaca merupakan bahan penutup utama kolektor agar tidak terjadi pengaruh langsung baik dari air hujan, angin maupun cuaca dingin. Kegunaan lainnya dari kaca penutup agar panas yang tertangkap oleh kolektor dapat stabil dan berfungsi memindahkan panasnya ke pipa naik, pipa induk yang dibantu oleh lapisan isolator dibawahnya.



Pipa naik maupun pipa induk di dalam kolektor akan bereaksi menerima panas dari sekelilingnya akibat adanya pengaruh konduksi, konvensi dan radiasi. Oleh karenanya ketebalan kaca dipilih minimal 5 mm.

Sebenarnya kaca yang tebalnya melebihi 5 mm atau kaca penutup yang dipasang berlapis dua akan lebih baik, hasilnya panasnya bertambah, maka kaca tunggal 5 mm dianggap telah memenuhi syarat.

12. Proses konduksi, Sirkulasi dan Radiasi

Proses ini dapat terjadi dalam sistem alat pemanas air yang menggunakan energi matahari. Panas itu berlangsung dengan melengkapi media tertentu. Pemindahan panas yang biasa disebut transmisi panas.

Istilah transmisi dalam pembahasan ini dapat diartikan sebagai akibat adanya hubungan panas dari suatu bahan atau bagian yang satu ke bagian yang lainnya. Sebagaimana yang kita ketahui bahwa airpun dapat bersirkulasi atau bergerak bila dipanaskan didalam satu wadah, bila temperaturnya berbeda. Demikian pula

halnya dengan panas. Panas dapat bergerak atau berpindah dengan tiga cara yaitu: konduksi, sirkulasi, maupun radiasi .

Untuk lebih jelasnya, maksud dari ketiga istilah itu dijelaskan sebagai berikut :

a. Konduksi

Konduksi berasal dari kata Conduction artinya adanya perpindahan panas pada air akibat Bergeraknya moleku-molekul air dari satu tempat. Untuk melihat reaksi perpindahan molekul ini sedikit sulit bila tanpa menggunakan alat bantu.

Seperti yang disebutkan di atas bahwa transmisi air adalah pergerakan air dari tempat yang panas ke tempat yang dingin secara terus menerus di dalam sebuah wadah, hingga mencapai suhu yang sama.

“Untuk mendapatkan pengertian yang lebih sederhana disini dapat diambil sebuah contoh. Kita ambil sepotong bahan logam, salah satu ujungnya dipanaskan, maka lama kelamaan ujung yang lainpun menjadi turut panas.” Banyak jenis logam yang mempunyai sifat penghantar panas yang baik.

Logam penghantar panas tersebut antara lain ; perak, tembaga dan emas. Sedang bahan penghantar panas yang kurang baik adalah seperti bismut, platina dan timah.

Bahan lain seperti kayu, rambut, asbes dan glaswool hampir tidak mempunyai konduksi panas, oleh karena itu sering dijadikan bahan isolator. Untuk beberapa keperluan konstruksi unit pemanas ini, bahan tembaga yang berupa plat lembaran dan pipa sangat baik digunakan.

Bahan-bahan tersebut dibuat sebagai plat penyerap panas, pipa penyalur air panas maupun dingair .

b. Sirkulasi

Sirkulasi air (water Convention) adalah Bergeraknya molekul-molekul air akibat panas. Pergerakan, perputaran atau sirkulasi ini dapat juga terjadi pada gas, maupun cairan lainnya bila dipanaskan.

Contoh :

“Bila air dipanaskan didalam sebuah tabung atau tangki, maka yang pertama panas adalah air yang berada didasar tabung atau tangki. Molekul-molekul air panas akan naik ke atas dan yang dingin bergerak ke dasarnya.

Demikian pula sifat yang terjadi pada sistem pemanas air ini. Air dapat dipanaskan melalui sinar matahari langsung ke kolektor panas. Proses seperti yang disebutkan di atas tadi berlangsung di dalam kolektor. Terpanasnya bidang plat penyerap panas dan pipa tembaga berisi air oleh energi matahari.

Secara garis besar, air yang dipanaskan di dalam pipa tembaga pada panel kolektor akan naik ke dalam silinder yang disediakan disebelah atas kolektor.

Berkas sinar yang terkumpul di dalam kolektor akan memanasi ruangan disekitarnya dan memberi reaksi pada air yang mengalir didalam pipa meliputi pipa utama (header tube) dan pipa naik (riser)

c. Radiasi

Radiasi asal kata radiation adalah proses pengiriman panas langsung secara garis lurus oleh sumber panas ((seperti matahari), tanpa menggunakan alat bantu dan penghalang pada objek yang dipanaskan.

Kita ambil suatu contoh yang nyata dalam kehidupan.

“Bila seseorang sedang duduk didepan radiator listrik (sebuah unit pemanas ruangan), orang itu merasakan kehangatan. Kemudian diantara orang dan

radiator tadi di pasang penghalang (mis. Selembar karton atau koran), maka tiba-tiba pantulan tadi terhenti”.

Bila kita menganalisa contoh dio atas ini, dapat disimpulkan bahwa pemasangan kolektor panas, agar dihindarkan dari pengaruh penghalang oleh benda-benda disekitar pemasangannya, misalnya pohon kayu atau bayangan bangunan sekitarnya.

13. Pengukur Suhu Air

Untuk mengetahui besar kecilnya suhu air yang dihasilkan oleh unit pemanas, dapat memasang alat pengukur suhu (thermostat) di dalam silinder panas atau tangki.

Pemasangan panil kolektor panas dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu :

- a. Kolektor dipasang di depan bangunan sekaligus sebagai tambahan partisi, sedangkan silinder dapat disimpan dibagian bawah atap. Lihat A.
- b. Kolektor dipasang di depan bangunan menempel pada atap yang telah ada, sementara silindernya tetap di simpan dibagian bawah atap antara plafon dengan penutup atap.
- c. Kolektor dipasang dipermukaan halaman (pekarangan depan, samping atau belakang) sepanjang tidak terganggu keindahan maupun ruang gerak.

Pada alternatif demikian dapat saja dilakukan dengan berbagai pertimbangan, antara lain :

- a. Lokasi atau ruangan bangunan tempat pemasangan unit pemanas masih memungkinkan, karena cara demikian sudah tentu menyita tempat atau ruangan.
- b. Terpakainya ruangan pada bangunan tersebut tidak sampai mempengaruhi kebebasan gerak para penghuni bangunan.

Dari ketiga perencanaan yang disebutkan di atas tadi, maka setiap kolektor panas tidak boleh terlindung oleh bayang-bayang disekitarnya seperti pohon-pohon yang tinggi maupun bangunan karena hal ini dapat mengganggu masuk atau turunnya berkas-berkas sinar ke kolektor.

14. Silinder air panas

Kita menyadari bahwa air sering mengandung partikel. Partikel ini bila masuk ke dalam tangki, mempermudah proses terbentuknya endapan maupun karat. Oleh karena proses tadi pasti terjadi, maka dingin dari bahan yang tahan terhadap karat tadi.

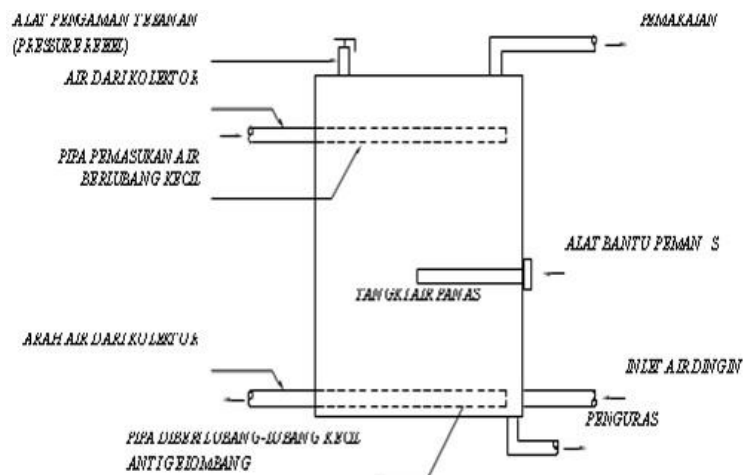
Salah satu ciri yang mudah dilihat pada suatu sistem pemanas, apakah terjadi karat atau tidak, dapat memperhatikan hasil air keran, bila air berwarna dan sedikit bau, sementara kondisi air masuk bersih, maka boleh dipastikan terjadi proses karat di dalam silinder atau sistemnya.

Untuk mengurangi terbentuknya karat, bahkan menghilangkannya kita dapat memilih bahan yang benar-benar tahan karat. Bahan tersebut adalah seperti tembaga, kuningan, aluminium dan baja putih (*stainless steel*).

Bentuk fisik silinder itu ada yang bulat memanjang dan persegi seperti:

Gambar 4. 17

Silinder dengan sistem pipa



Keterangan gambar :

1. Anode
2. Pipa air panas
3. Outlet air panas

4. Penyambung T-PR
5. Isolator tahan panas
6. Katup inlet air panas
7. Fiting kedudukan anode
8. Pembalut luar
9. Silinder baja
10. Salutan enamel
11. Thermostat
12. Unit pemanas
13. Pelapis plastik
14. Adaptor kuningan
15. Washer perapat
16. Plat penutup
17. Tutup isolator
18. Kaki silinder

Gambar 4. 18

Penempatan silinder



Mengingat mahal nya bahan tembaga dan baja putih maka bahan silinder sudah dapat diganti dengan plat baja, tetapi pada dinding dalamnya harus diberi lapisan enamel agar kuat terhadap proses karat. Air panas yang disalurkan ke dalam

silinder harus diusahakan agar tidak menjadi turun suhunya secara drastis. Untuk hal ini cara yang dianggap baik ialah membalut silinder tersebut dengan isolator.

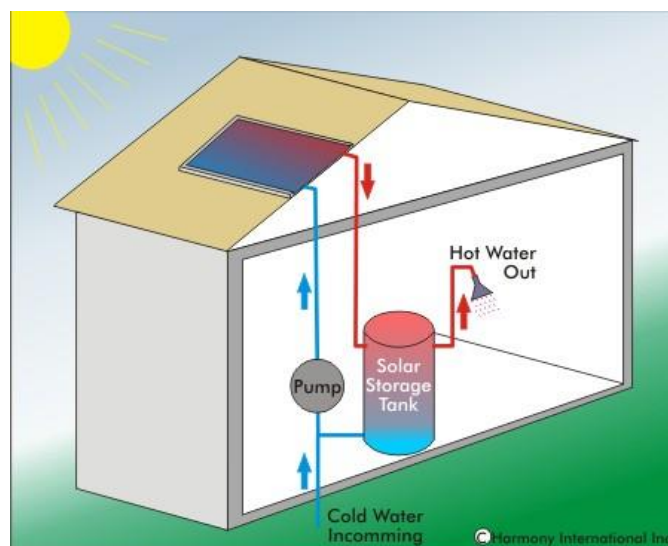
15. Pemasangan

Silinder yang dibuat demikian rupa agar mampu menjaga kestabilan suhu dan siap dipergunakan untuk berbagai keperluan. Pemasangan maupun penggabungan panil-panil kolektor panas dapat dibuat dan disesuaikan dengan kondisi fisik alat pemanas dan silindernya, misalnya dapat dipasang menempel atau berdiri sendiri atau terpisah.

Cara menempatkan pasang kolektor panas maupun silinder pada bangunan dapat dikombinasikan dengan berbagai tipe, hal ini tergantung pada kemungkinan adanya ruangan, perhatikan gambar 4.19.

Gambar 4. 19

Penempatan solar water heater



Keterangan gambar :

- Inlet air dingin
- Outlet air panas
- Tangki suplai ban
- Kolektor

- Silinder air panas
- Silinder panas tambahan

Khusus untuk maksud penempatan tangki pada ruangan kosong di baweah atap agar memperhitungkan kekuatan kerangka atap apakah mampu menahan beban tambahan silinder dan isinya. Bila dianggap kurang, harus memasang dudukan tambahan dan ditopang oleh kekuatan dinding phisik bangunan.

16. Pemeliharaan *solar water heater*

Seperti di jelaskan sebelumnya, bahwa usaha pemeliharaan yang perlu dilakukan pada solar water heater ini relatip kecil sekali. Adapun hal-hal yang perlu dilakukan antara lain adalah :

- Partikel-partikel air yang terbawa kedalam silinder dapat dibersihkan pada saat tertentu (misal sekali dalam setahun) dengan menguras endapan melalui lubang penguras (drain) yang telah tersedia pada silinder panas.
- Pada saat tertentu terutama bila saatnya musim penghujan maka kaca penutup kolektor dapat berlumut yang bila tidak dibersihkan, akan menghalangi proses pemanasan karena cahaya tidak seluruhnya terserap kolektor.
- Perlu dihindari terjadinya keretakan kaca kolektor, bila suatu saat kaca kolektor pecah, maka harus di ganti dengan yang baru berukuran sama. Pemasangan atau penggantian kaca dapat dilakukan ditempat dengtan cara lebih baik dilakukan dengan bantuan beberapa orang terutama bila letak kotak kolektor sulit di jangkau.

D. Aktifitas Pembelajaran

Cobalah meneliti sebuah unit pemanas air yang menggunakan energi matahari ditempat (bila ada), Bandingkanlah mulai dari sistemmasangannya hingga proses kerjanya, bila mungkin buatlah catatan seperlunya

E. Rangkuman

1. Energi yang sangatlah bermanfaat bagi kehidupan . Maka dari situlah kita harus dengan cermat memanfaatkan segala sesuatu yang bisa menjadikan lebih menguntungkan bagi semuanya. Bukan hanya bagi kita melainkan bagi lingkungan yang ada di sekitar kita, agar dapat menjadi lebih berguna lagi. Teknologi pemanasan air dengan tenaga sinar surya - pemanas air tenaga matahari - adalah sebuah teknologi yang prinsipnya sederhana, namun sangat handal serta efisien. Ia mengkonversikan energi sinar surya menjadi bentuk energi termal yang dibutuhkan oleh setiap manusia, Pemanfaatan ini bertujuan agar kita dapat lebih menggunakan energi abadi yang ada di planet ini. Ini bukan hanya masalah akan lingkungan dan penghematan energi saja melainkan, mengenai kreatifitas dan beragamnya energi yang mampu kita gunakan. Agar kita dapat menggunakannya dengan bijak.
2. Salah satu jenis energi yang potensial untuk dikembangkan adalah energi surya. Dengan demikian, energi surya dapat dimanfaatkan untuk penyediaan air panas. Jadi, energi matahari itu adalah energi yang paling penting untuk digunakan dalam kehidupan seluruh makhluk hidup di muka bumi ini.
3. Untuk mendukung upaya pemanfaatan energi, seharusnya sekarang ini pengupayaan penggunaan energi surya lebih diutamakan. Sedangkan energi matahari bisa kita gunakan tanpa memerlukan memikirkan harganya yang sangat mahal. Oleh karena itu sebaiknya kita dapat memanfaatkannya secara maksimal.

F. Tes Formatif

1. Uraikan manfaat pemanas air tenaga surya secara ekonomi.
2. Uraikan manfaat pemanas air tenaga surya dalam jangka panjang.
3. Uraikan manfaat pemanas air tenaga surya terhadap lingkungan.

G. Kunci Jawaban

1. Manfaat Ekonomi

Banyak pemahaman umum yang menganggap pemanas air tenaga listrik lebih populer karena mudah dipasang atau relatif murah harga beli awalnya. Hal tersebut memang masuk akal, tetapi jika Anda mau mempertimbangkan biaya energi yang akan Anda keluarkan perbulannya, atau berapa banyak energi yang dihabiskan untuk menggunakan alat tersebut, Anda pasti akan berpikir lagi. Penelitian menunjukkan bahwa rata-rata rumah tangga dengan pemanas air listrik menghabiskan sekitar minimal 25% rata-rata dari biaya tagihan rumah hanya untuk membayar biaya energi yang digunakan pemanas air listrik-nya.

Dalam study penelitian yang pernah dilakukan, ditemukan bahwa *Solar Water Heater* menawarkan lebih besar potensi penghematan. Dengan menggunakan *Solar Water Heater* Anda bisa menghemat dan menabung sebanyak 50% hingga 85% setiap tahun dari tagihan yang anda keluarkan untuk membayar tagihan pemanas air listrik.

2. Manfaat jangka panjang

Pemanas Air Tenaga Matahari menawarkan keuntungan jangka panjang yang besar bagi Anda. Selain Anda memiliki air panas gratis, secara tidak langsung sistem juga telah membebaskan Anda dari tagihan listrik atau biaya bahan bakar.

Anda dan keluarga juga akan terhindar dari kekurangan bahan bakar masa depan dan harga bahan bakar yang kian hari kian meningkat serta membantu mengurangi ketergantungan terhadap minyak Nasional. Selain itu, dengan menambahkan *Solar Water Heater* ke rumah Anda, hal tersebut akan menimbulkan nilai jual kembali yang tinggi bagi rumah Anda.

3. Manfaat Lingkungan

Pemanas Air Tenaga Matahari tidak mencemari lingkungan. Dengan berinvestasi menggunakan pemanas air jenis ini, Anda akan menghindari dan menekan gas gas yang berbahaya seperti Karbon dioksida, Nitrogen oksida, Sulfur dioksida dan polusi

udara lainnya yang dihasilkan ketika pemanas air Anda menggunakan listrik atau bahan bakar lainnya.

Ketika Anda menggantikan pemanas air listrik dengan *Solar Water Heater*, Anda dapat memangkas pemakaian listrik Anda sampai di atas 20 tahun, yang artinya Anda juga mengurangi lebih dari 50 ton Karbon dioksida yang dihasilkannya.

Karbon dioksida sendiri merupakan perangkap panas dalam atmosfer atas, sehingga memberikan kontribusi yang besar terhadap “efek rumah kaca”. Selain itu, Nitrogen oksida, dan Sulfur dioksida merupakan gas gas yang sangat berperan dalam proses terjadinya hujan asam.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 4 : PLTS

A. Tujuan

Setelah mengikuti kegiatan pembelajaran ini, peserta diklat dapat:

1. Memasang PLTS
2. Melakukan pemeliharaan PLTS.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Menelaah mekanisme kerja teknologi pembangkit listrik panas matahari dengan benar.
2. Menganalisis mekanisme kerja dari model teknologi pemanas air energi surya dengan benar.

C. Uraian Materi

Bahan bacaan 1

1. Sel Surya1

Photovoltaic berasal dari bahasa Yunani photos yang berarti cahaya dan volta yang merupakan nama ahli fisika dari Italia yang menemukan tegangan listrik. Photovoltaic berasal dari dua kata “photo”, “phos” yang berarti cahaya; dan kata “volt” adalah nama satuan pengukuran arus listrik yang diambil dari nama penemu Alessandro Volta (1745-1827), sebagai pionir dalam mempelajari teknologi kelistrikan. Jadi secara harfiah “photovoltaic” mempunyai arti Cahaya-Listrik, dan itu yang dilakukan Sel Surya yaitu merubah energi cahaya menjadi listrik, Efek photovoltaic pertama kali berhasil diidentifikasi oleh seorang ahli Fisika berkebangsaan Prancis Alexandre Edmond Becquerel pada tahun 1839.

Baru pada tahun 1876, William Grylls Adams bersama muridnya, Richard Evans Day menemukan bahwa material padat selenium dapat menghasilkan listrik ketika terkena paparan sinar.. Secara sederhana dapat diartikan sebagai listrik dari cahaya. Modul surya (fotovoltaic) adalah sejumlah sel surya yang dirangkai secara

seri dan paralel, untuk meningkatkan tegangan dan arus yang dihasilkan sehingga cukup untuk pemakaian sistem catu daya beban. Untuk mendapatkan keluaran energi listrik yang maksimum maka permukaan modul surya harus selalu mengarah ke matahari.

Komponen utama sistem surya photovoltaic adalah modul yang merupakan unit rakitan beberapa sel surya photovoltaic. Untuk membuat modul photovoltaic secara pabrikan bisa menggunakan teknologi kristal dan thin film. Modul photovoltaic kristal dapat dibuat dengan teknologi yang relatif sederhana, sedangkan untuk membuat sel photovoltaic diperlukan teknologi tinggi. Modul photovoltaic tersusun dari beberapa sel photovoltaic yang dihubungkan secara seri dan paralel.

- Prinsip kerja sel surya

Masalah yang paling penting untuk merealisasikan sel surya sebagai sumber energi alternatif adalah efisiensi peranti sel surya dan harga pembuatannya. Efisiensi didefinisikan sebagai perbandingan antara tenaga listrik yang dihasilkan oleh peranti sel surya dibandingkan dengan jumlah energi cahaya yang diterima dari pancaran sinar matahari. Apabila suatu bahan semikonduktor seperti misalnya bahan silikon disimpan dibawah sinar matahari, maka bahan silikon tersebut akan melepaskan sejumlah kecil listrik yang biasa disebut efek fotolistrik. Sel surya bisa disebut sebagai pemeran utama untuk memaksimalkan potensi sangat besar energi cahaya matahari yang sampai ke bumi, walaupun selain dipergunakan untuk menghasilkan listrik, energi dari matahari juga bisa dimaksimalkan energi panasnya melalui sistem solar thermal.

Sel surya dapat dianalogikan sebagai divais dengan dua terminal atau sambungan, dimana saat kondisi gelap atau tidak cukup cahaya berfungsi seperti dioda, dan saat disinari dengan cahaya matahari dapat menghasilkan tegangan. Ketika disinari, umumnya satu sel surya komersial menghasilkan tegangan dc sebesar 0,5 sampai 1 volt, dan arus short-circuit dalam skala milliampere per cm². Besar tegangan dan arus ini tidak cukup untuk berbagai aplikasi, sehingga umumnya sejumlah sel surya disusun secara seri membentuk modul surya. Satu modul surya

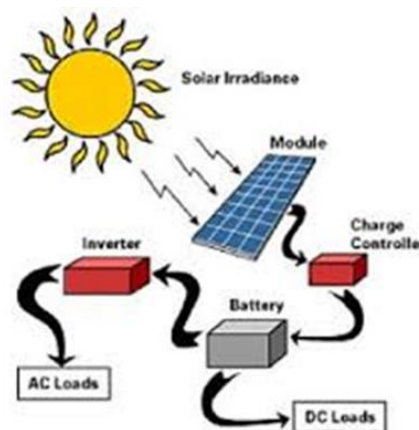
biasanya terdiri dari 28-36 sel surya, dan total menghasilkan tegangan dc sebesar 12 V dalam kondisi penyinaran standar (Air Mass 1.5). Modul surya tersebut bisa digabungkan secara paralel atau seri untuk memperbesar total tegangan dan arus outputnya sesuai dengan daya yang dibutuhkan untuk aplikasi tertentu. Gambar dibawah menunjukan ilustrasi dari modul surya.

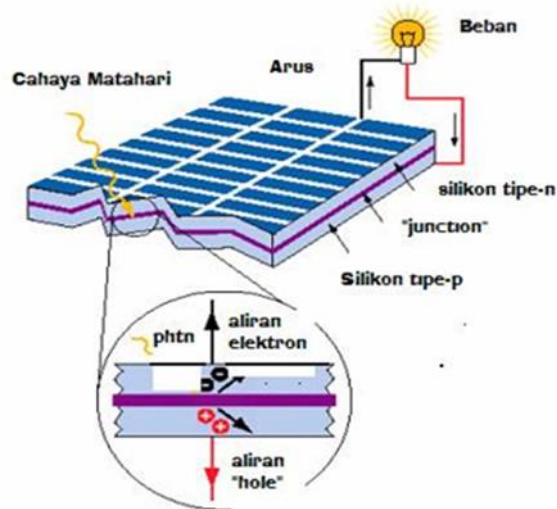
Yang dimaksud efek fotolistrik adalah pelepasan elektron dari permukaan metal yang disebabkan penumbukan cahaya. Efek ini merupakan proses dasar fisis dari fotovoltaik merubah energi cahaya menjadi listrik.

Cahaya matahari terdiri dari partikel-partikel yang disebut sebagai “photons” yang mempunyai sejumlah energi yang besarnya tergantung dari panjanggelombang pada “solar spectrum”. Pada saat photon menumbuk sel surya maka cahaya tersebut akan dipantulkan atau diserap atau mungkin hanya diteruskan. Cahaya yang diserap membangkitkan listrik. Pada saat terjadinya tumbukan energi yang dikandung oleh photon ditransfer pada elektron yang terdapat pada atom sel surya yang merupakan bahan semikonduktor. Dengan energi yang didapat dari photon, elektron melepaskan diri dari ikatan normal bahan semikonduktor dan menjadi arus listrik yang mengalir dalam rangkaian listrik yang ada. Dengan melepaskan dari ikatannya, elektron tersebut menyebabkan terbentuknya lubang atau “hole”

Gambar 5. 1

Proses terbentuknya arus pada *solar cell*





2. Struktur *solar cell*

Bahan semikonduktor saat ini yang paling sering digunakan untuk produksi Solar cell adalah silikon, karena memiliki beberapa keuntungan diantaranya ; dapat dengan mudah ditemukan di alam, tidak mencemari, tidak merusak lingkungan dan dapat dengan mudah mencair, di tangani dan dibentuk menjadi bentuk silikon monocrystalline , dll. Pada umumnya *solar cell* dikonfigurasi sebagai suatu sambungan *large-area p-n* yang terbuat dari silikon.

3. Jenis sel surya

Beragam-macam teknologi telah diteliti oleh para ahli di dunia untuk merancang dan membuat sel fotovoltaik yang lebih baik, murah, dan efisien diantaranya adalah:

a. Polikristal (Poly-crystalline)

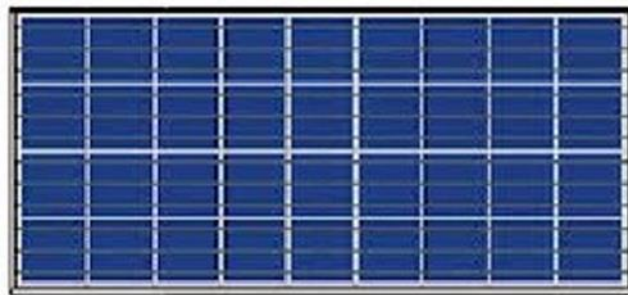
Merupakan sel surya yang memiliki susunan kristal acak. Type Polikristal memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama, akan tetapi dapat menghasilkan listrik pada saat mendung.

Jenis ini terbuat dari beberapa batang kristal silikon yang dilebur / dicairkan kemudian dituangkan dalam cetakan yang berbentuk persegi. Kemurnian kristal silikonnya tidak sempurna pada sel surya monocrystalline, karenanya sel surya yang dihasilkan tidak identik satu sama lain dan efisiensinya lebih rendah, sekitar 13% - 16% .

Tampilannya nampak seperti ada motif pecahan kaca di dalamnya. Bentuknya yang persegi, jika disusun membentuk panel surya, akan rapat dan tidak akan ada ruangan kosong yang sia-sia seperti susunan pada panel surya monocrystalline di atas. Proses pembuatannya lebih mudah dibanding monocrystalline, karenanya harganya lebih murah. Jenis ini paling banyak dipakai saat ini.

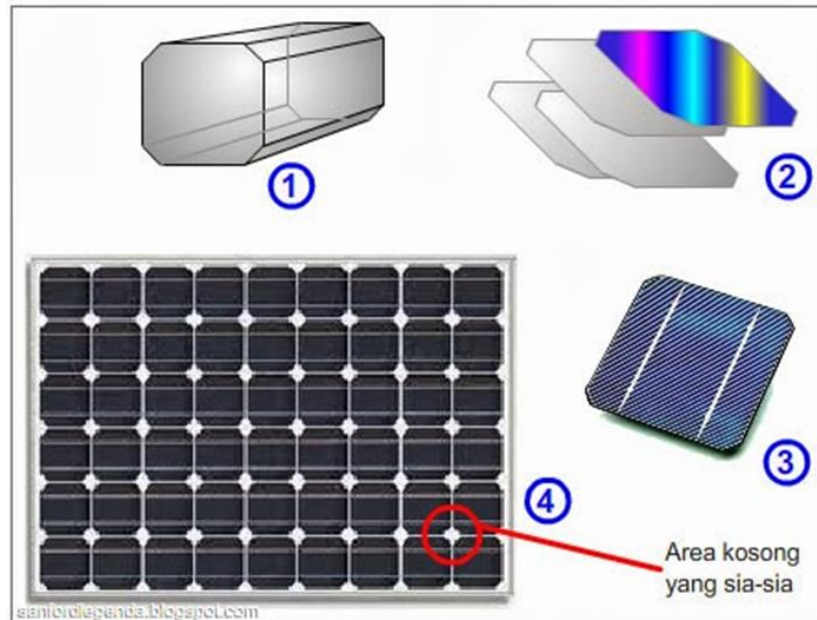
Gambar 5. 3

Polikristal



b. Monokristal (Mono-crystalline)

Merupakan sel surya yang paling efisien, menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Memiliki efisiensi sampai dengan 15%. Kelemahan dari panel jenis ini adalah tidak akan berfungsi baik ditempat yang cahaya matahari kurang (teduh), efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan.



Keterangan gambar:

1. Batangan kristal silikon murni
2. Irisan kristal silikon yang sangat tipis
3. Sebuah sel surya monocrystalline yang sudah jadi
4. Sebuah panel surya monocrystalline yang berisi susunan sel surya monocrystalline. Nampak area kosong yang tidak tertutup karena bentuk sel surya jenis ini.

c. Thin Film Solar Cell (TFSC)

Jenis sel surya ini diproduksi dengan cara menambahkan satu atau beberapa lapisan material sel surya yang tipis ke dalam lapisan dasar. Sel surya jenis ini sangat tipis karenanya sangat ringan dan fleksibel.

Jenis ini dikenal juga dengan nama TFPV (Thin Film Photovoltaic).



1) Amorphous Silicon (a-Si) Solar Cells.

Sel surya dengan bahan Amorphous Silicon ini, awalnya banyak diterapkan pada kalkulator dan jam tangan. Namun seiring dengan perkembangan teknologi pembuatannya penerapannya menjadi semakin luas. Dengan teknik produksi yang disebut "stacking" (susun lapis), dimana beberapa lapis Amorphous Silicon ditumpuk membentuk sel surya, akan memberikan efisiensi yang lebih baik antara 6% - 8%.

2) Cadmium Telluride (CdTe) Solar Cells.

Sel surya jenis ini mengandung bahan Cadmium Telluride yang memiliki efisiensi lebih tinggi dari sel surya Amorphous Silicon, yaitu sekitar: 9% - 11%.

3) Copper Indium Gallium Selenide (CIGS) Solar Cells.

Dibandingkan kedua jenis sel surya thin film di atas, CIGS sel surya memiliki efisiensi paling tinggi yaitu sekitar 10% - 12%. Selain itu jenis ini tidak mengandung bahan berbahaya Cadmium seperti pada sel surya CdTe.

Teknologi produksi sel surya thin film ini masih baru, masih banyak kemungkinan di masa mendatang. Ongkos produksi yang murah serta bentuknya yang tipis, ringan dan fleksibel sehingga dapat dilekatkan pada

berbagai bentuk permukaan, seperti kaca, dinding gedung dan genteng rumah dan bahkan tidak menutup kemungkinan kelak dapat dilekatkan pada bahan seperti baju kaos.

4. Sistem Energi Surya Fotovoltaik

pada bab fotovoltaik ini, akan dibatasi pada uraian aplikasi SESF khususnya yang terkait pada penerapan dipedesaan secara operasional sendiri (*stand-alone*). Sistem aplikasi ini sering dikenal sebagai aplikasi *off-grid*.

Ruang lingkup aplikasi off-grid pada dasarnya sangat luas, namun pada umumnya dapat dibagi menjadi tiga penerapan umum, yaitu:

- a. Penyediaan listrik pedesaan
- b. Pompa air dan penyediaan air bersih pedesaan
- c. Aplikasi produktif, seperti: telekomunikasi dan telpon pedesaan.

Didalam beberapa penerapan aplikasi off-grid fotovoltaik seringkali dikombinasikan dengan sumber pembangkit terbarukan lainnya (misal: hidro, angin, dan biomassa) atau, seperti pada umumnya, dikombinasikan dengan pembangkit konvensional seperti genset-disel atau bensin. Sistem energi surya fotovoltaik ini dikenal sebagai sistem pembangkit listrik hibrida.

Aplikasi SESF yang diinterkoneksi dengan jaringan (*on-grid*) di Indonesia baru pada tahap penelitian dan uji coba. Karena, secara umum pemanfaatan listrik fotovoltaik di Indonesia dewasa ini lebih sesuai untuk kebutuhan energi yang kecil pada daerah terpencil dan terisolasi.

Meskipun pembangkit fotovoltaik skala sangat besar pernah dibangun di luar negeri yang memberikan energinya langsung kepada jaringan listrik. Namun secara finansial kelihatannya belum layak untuk dibangun di Indonesia. Penerapan on-grid akan menjadi ekonomis bila disatu sisi harga listrik konvensional menjadi mahal dan disisi lain biaya investasi SESF menurun secara signifikan.

Aplikasi SESF Off-Grid

Aplikasi SESF tidak hanya digunakan untuk kebutuhan rumah tangga dan penerangan saja. Secara umum, aplikasi SESF dapat dikategorikan untuk

kebutuhan rumah tangga, industri, komersil dan pemerintahan. Secara koneksinya, SESF dapat dikoneksikan secara *off-grid* ataupun *on-grid*.

Sistem off-grid adalah sistem pembangkit yang tidak terhubung dengan jaringan listrik AC dari PLN. Sistem ini biasanya terpasang karena belum adanya listrik jaringan, dengan pertimbangan penyambungan jaringan PLN akan memakan biaya yang sangat mahal karena faktor lokasi yang terlalu pedalaman. Bisa juga untuk alasan pribadi seperti membangun sistem pembangkit mandiri untuk tujuan komersil.

Beberapa satu keuntungan dengan sistem ini adalah independensi dalam memanfaatkan energi alternatif sebagai sumber pembangkit, dan mengurangi ketergantungan terhadap pasokan PLN, serta biaya infrastrukturnya menjadi lebih murah dibanding menarik jaringan PLN.

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai beberapa macam sistem energi surya fotofoltaik *off-grid*.

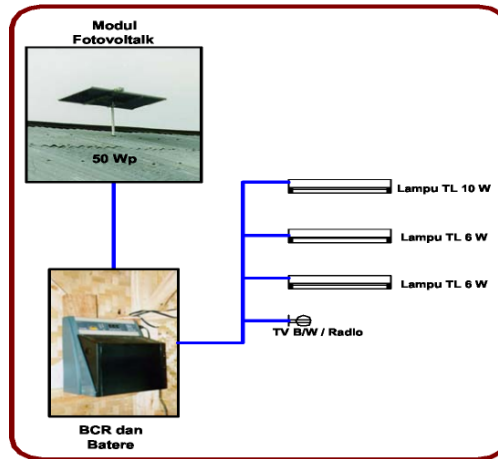
a. Sistem Pembangkit Listrik Individual (*Solar Home System*)

SESF untuk penerangan yang paling sederhana adalah sistem pembangkit individual yang umum disebut Solar Home System (SHS). Sistem ini umumnya mempunyai tegangan kerja 12 volt DC, dengan kapasitas modul surya berkisar antara 50Wp sampai dengan 300Wp. Yang paling banyak terdapat dipasar adalah sistem dengan kapasitas modul surya 50Wp.

SHS selain terdiri dari modul surya juga terdiri dari komponen-komponen lain seperti baterai dengan kapasitas 70Ah, sistem pengontrol kondisi baterai (BCR), lampu DC 12 volt, dan stop kontak, seperti pada gambar 50 berikut ini:

Gambar 5. 6

Solar home system



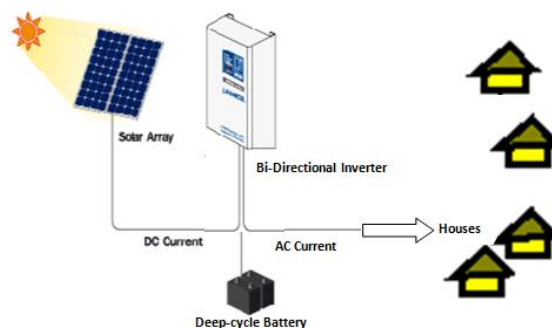
SHS ini umumnya dipasang pada rumah-rumah didaerah terpencil dengan pola penyebaran rumah yang terpencar.

b. Sistem Pembangkit Listrik Terpusat

Sistem energi surya fotovoltaik terpusat dipasang di daerah terpencil dengan pola penyebaran rumah yang terkumpul atau jumlah rumah untuk setiap km^2 nya cukup banyak. Sistem terpusat ini umumnya mempunyai keluaran sistem tegangan 220 V AC, karena itu diperlukan inverter untuk merubah arus searah menjadi arus bolak-balik.

Gambar 5. 7

Sistem pembangkit listrik terpusat



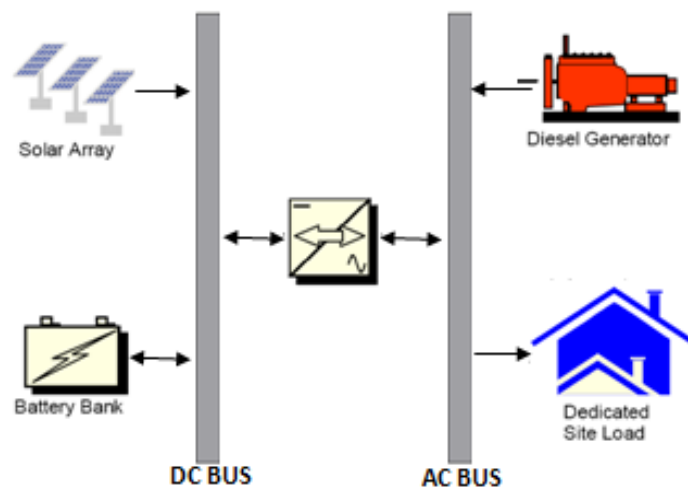
c. Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida

Sistem pembangkit listrik tenaga hibrid (PLTH) adalah suatu sistem pembangkit listrik dengan menggunakan beberapa sumber energi, seperti misalnya sumber energi matahari dengan diesel, sumber energi matahari-angin-mikrohidro.

Blok diagram Sistem PLTH dapat dilihat pada gambar 5.8 di bawah ini:

Gambar 5. 8

Sistem pembangkit listrik tenaga hibrida



Pada sistem hibrida sumber energi matahari dengan pembangkit diesel dirancang untuk pengoptimalan sistem diesel guna memenuhi kebutuhan beban yang bervariasi sebagai fungsi waktu.

d. Kelebihan dan Kekurangan Sistem Hibrida PV-Genset

Kelebihan-kelebihan sistem hibrid PV-genset adalah sebagai berikut:

- Daya listrik tersedia sesuai dengan kebutuhan.
- Secara teknis handal.
- Layanan purna jual relatif mudah diperoleh.
- Biaya Investasi (Rp/kW) relatif murah.

Kekurangannya antara lain:

- Biaya operasi dan pemeliharaan relatif agak mahal.
- Masih diperlukan transportasi penyediaan bahan bakar.

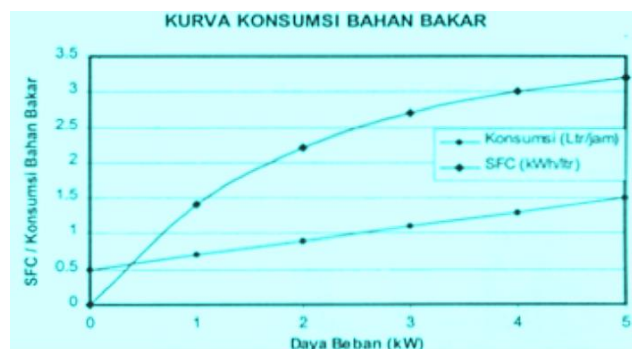
- c. Pada jam-jam tertentu akan menimbulkan kebisingan dan polusi udara.
- d. Memerlukan pemeliharaan yang rutin.
- e. Perlu pengoperasian yang ekstra aktif agar sistem selalu bekerja efisien pada kondisi beban yang bervariasi (harus dihindarkan pengoperasian genset disel pada beban rendah).

e. Karakteristik Konsumsi Bahan Bakar

Konsumsi bahan bakar pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) sangat bervariasi sesuai perubahan beban. Pada kondisi tanpa beban (beban nol), diesel tetap memerlukan sejumlah bahan bakar yang selanjutnya konsumsi tersebut akan meningkat sesuai dengan meningkatnya jumlah beban. Jika konsumsi bahan bakar dikonversikan menjadi *specific fuel consumption* (SFC) dalam satuan kWh/liter, akan diperoleh kurva seperti ditunjukkan pada gambar 5.9.

Gambar 5. 9

Kurva SFC dan konsumsi bahan bakar



Sebagai ilustrasi dapat dicontohkan sebuah PLTD kapasitas 4,55kW yang dioperasikan 24 jam/hari untuk memenuhi kebutuhan daya beban konstan 3kW, dengan kurva beban seperti pada gambar 5.10.

Gambar 5. 10

Profil beban dengan konsumsi bahan bakar diesel genset



Sesuai kurva pada gambar 53 diperoleh bahwa operasi sistem PLTD dengan beban 3 kW, memerlukan bahan bakar 1,12 Ltr/jam atau dengan SFC 2,69 kWh/ltr. Hal ini menunjukkan bahwa operasi diesel relatif efisien. Jika dibandingkan dengan kondisi beban berbeda seperti profil beban yang ditunjukkan pada gambar 55, maka operasi sistem PLTD memerlukan bahan bakar 0,8 Ltr/jam atau dengan SFC 1,87kWh/ltr, sedikit lebih rendah dari SFC pada kondisi beban sebelumnya.

Gambar 5. 11

Kurva beban harian dan konsumsi bahan bakar

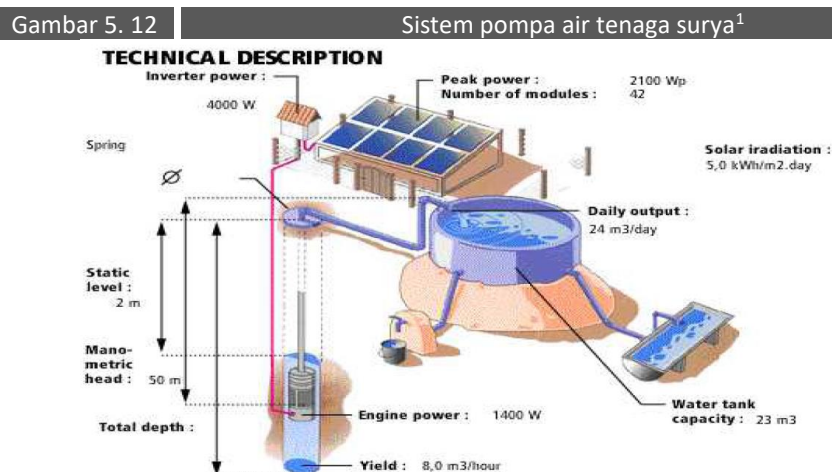


Oleh karena sistem PLTD sangat tidak efisien jika dioperasikan pada beban rendah, maka diperlukan upaya penyediaan dan pemilihan sistem pembangkit yang lebih efisien. Salah satu alternatif yang banyak digunakan adalah sistem pembangkit listrik hibrida.

f. Sistem Pompa Air Tenaga Surya

SESF dapat juga untuk mencatu daya sistem pompa air, terutama bagi daerah-daerah yang sulit untuk mendapatkan air, serta tidak terdapat jaringan listrik. Sistem Pompa air tenaga surya terdiri dari komponen-komponen modul surya, motor, pompa, dan inverter apabila motor mempunyai sistem tegangan AC, sedangkan untuk motor dengan Sistem Tegangan DC dipakai “solarverter”, yang berfungsi untuk menselaraskan keluaran listrik dari modul surya yang berubah-ubah menjadi relatif constant sebelum mencatu daya motor sebagai penggerak pompa air.

Besarnya kapasitas sistem pompa air tenaga surya sangat tergantung dari tingginya total head pemompaan serta debit air yang akan dipompakan.



g. Aplikasi SESF On-Grid

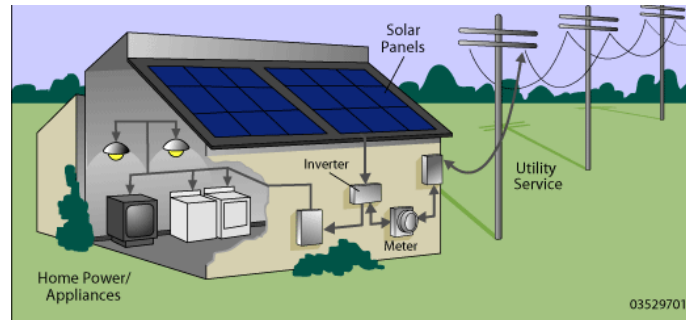
Sistem energi surya fotovoltaik on-grid, menghubungkan sistem energi alternatif tersebut dengan jaringan PLN. Sebagai ilustrasi, pada saat produksi listrik sistem energi alternatif rendah atau tidak mencukupi, jaringan PLN menggantikan fungsi baterai berfungsi sebagai *back-up* daya. Sebaliknya pada saat produksi listrik sistem energi alternatif berlebih, dapat disalurkan dan dijual ke jaringan PLN dengan sistem *metering*.

¹ Sumber: Transenergie, Perancis

h. Pemanfaatan Atap Rumah

Gambar 5. 13

SESF *on-grid* pada aplikasi atap rumah²



Atap rumah dapat dimanfaatkan sebagai area pemasangan modul surya dengan sudut kemiringan tertentu. Aplikasi ini umumnya dihubungkan secara on-grid. Salah satu tujuan utamanya adalah menambah pendapatan melalui penjualan listrik ke pihak PLN.

Pemasangan modul surya dengan memanfaatkan area atap rumah berbeda dengan pemasangan dengan penyangga modul, dengan mempertimbangkan beberapa faktor seperti suhu lingkungan, konstruksi bangunan dan sudut penyinaran matahari. Dengan demikian, biaya komponen-komponen pendukung dalam hal ini penyangga modul dapat ditekan.

i. Fotovoltaik sebagai Arsitektur Bangunan

Integrasi modul surya ke dalam arsitektur bangunan atau Building-integrated PV (BIPV) merupakan aplikasi dengan mengganti komponen umum dalam struktur bangunan seperti atap, tembok dan kanopi, dengan modul fotovoltaik yang pemasangannya pada saat proses konstruksi.

² http://www.eere.energy.gov/consumer/images/residential_grid_pv.gif

Selain suplai listrik dari energi yang bebas polusi dan unsur keindahan, salah satu keunggulan disain BIPV yang efisien adalah mengurangi emisi yang berasal dari gedung.

Gambar 5. 14

Contoh arsitektur bangunan pemadam kebakaran dengan modul fotovoltaik³

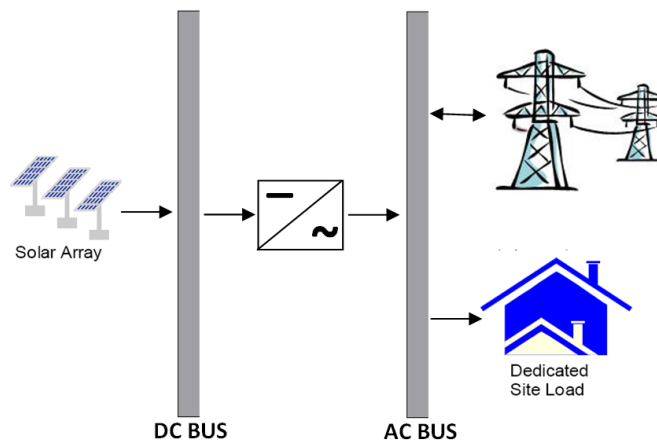


j. **Pembangkit Listrik Terpusat**

Seperti halnya sistem energi surya fotovoltaik terpusat *off-grid*, SESF *on-grid* terpusat dipasang di daerah dengan pola penyebaran rumah yang terkumpul atau jumlah rumah untuk setiap km²-nya cukup banyak. Sistem ini tanpa baterai untuk menyimpan energi, karena energi berlebih langsung dipasok ke jaringan PLN.

Gambar 5. 15

Pembangkit listrik *on-grid* terpusat



³ http://www.solarcentury.com/knowledge_base/articles/building_integrated_pv

k. Perancangan Sistem

Pada perencanaan sistem fotovoltaik, faktor yang penting adalah bagaimana menentukan jenis komponen yang diperlukan sesuai dengan kebutuhan beban, lokasi dimana sistem akan ditempatkan, kondisi lingkungan serta batasan-batasan lain yang perlu diperhatikan.

Untuk menjamin agar tidak terjadi kegagalan pada sistem atau memperkecil semaksimal mungkin kegagalan sistem, maka perlu diketahui juga problema apa yang umumnya terjadi dalam perencanaan suatu perencanaan sistem Fotovoltaik ini.

Selain itu dalam perencanaan suatu sistem, tentunya diperlukan langkah-langkah apa saja harus dikerjakan untuk mencapai hasil yang diinginkan, demikian juga halnya dalam perencanaan sistem Fotovoltaik ini.

Oleh karena itu pada pembahasan perencanaan sistem Fotovoltaik ini, antara lain akan dikemukakan hal-hal yang berhubungan dengan Komponen-komponen dalam sistem Fotovoltaik termasuk juga penentuan kapasitasnya (dalam hal ini akan dikemukakan secara tersendiri penentuan kapasitas Fotovoltaik dan kapasitas baterai), problema yang umum terjadi pada sistem Fotovoltaik, langkah-langkah dalam merencanakan sistem fotovoltaik, dan juga pembahasan secara singkat sifat atau performansi yang diperlukan untuk memilih komponen yang bersangkutan.

l. Komponen-komponen dalam Sistem PV:

Pada umumnya komponen-komponen dalam sistem Fotovoltaik terdiri dari:

- 1) Modul PV
- 2) Baterai
- 3) Alat pengatur baterai (BCR)
- 4) Inverter (jika terdapat beban ac)
- 5) Asesoris: pengkabelan, konektor, sakelar, sikring, pentanahan dan rangkaian proteksi, dsb .

m. Problema Umum pada SESF

Pada umumnya terjadinya kegagalan dan problem disebabkan oleh:

- 1) ketidak pahaman terhadap persyaratan teknis yang diperlukan sesuai dengan kapasitas sistem;
- 2) disain dan pemilihan yang tidak tepat dalam menentukan komponen yang sesuai untuk sistem yang diinginkan;
- 3) pengabaian terhadap kode and standard listrik yang berlaku;
- 4) instalasi yang sembarangan;
- 5) pemakaian sistem proteksi yang tidak sesuai.

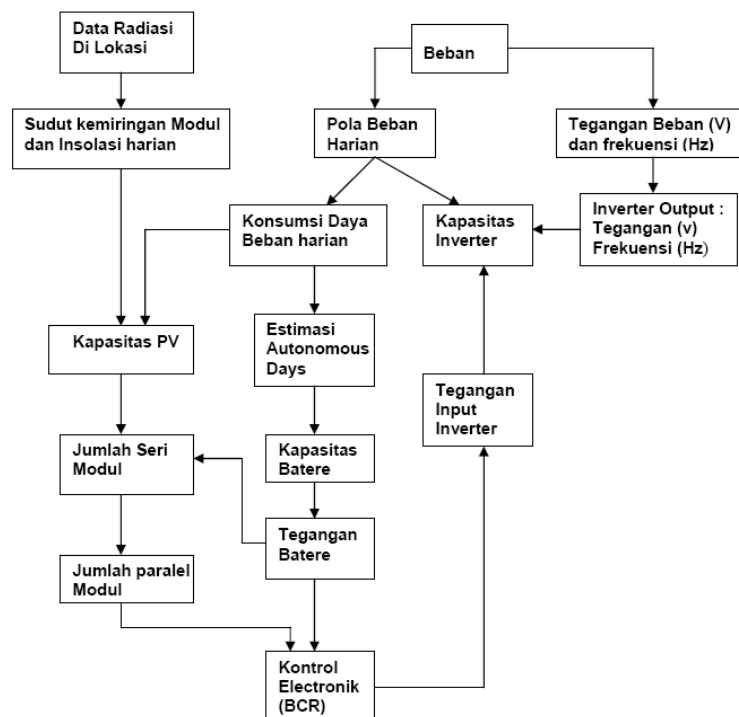
n. Disain Sistem PV

Berikut adalah langkah-langkah dalam mendisain sistem fotovoltaik:

- 1) menentukan jenis beban dan menghitung kebutuhan energi maksimum per hari (Wh/day), dengan membuat tabel beban yang menjelaskan kebutuhan daya dan lama pemakaian tiap beban per jam per hari.
- 2) survei lokasi untuk menentukan radiasi, sudut-matahari, dan bayangan (yang mungkin bisa menghalangi jatuhnya sinar matahari ke permukaan modul surya) untuk instalasi modul PV.
- 3) menghitung kapasitas panel surya sesuai kebutuhan energi dan rata-rata radiasi matahari.
- 4) menghitung kapasitas baterai untuk menyimpan energi sebesar kebutuhan energi selama hari otonomi (*autonomy day*) dimana matahari diasumsikan tidak bersinar pada hari tersebut. *Autonomyday* biasanya ditentukan selama 3 hari, yaitu asumsi bahwa selama 3 hari matahari tidak bersinar karena cuaca yang buruk.
- 5) memilih komponen yang lulus kualifikasi dan sesuai dengan kebutuhan sistem, seperti BCR dan inverter (jika terdapat beban AC).

Dalam merencanakan sistem Fotovoltaik banyak hal-hal yang perlu dibahas, pada diagram alir (*flowchart*) dibawah ini diberikan langkah-langkah dalam merencanakan sistem fotovoltaik tersebut:

Flowchart perancangan sistem energi surya fotovoltaik



Dalam pemilihan tipe baterai, disarankan untuk menggunakan battery Deep-discharge. Kapasitas baterai sangat tergantung pada tipe, umur, temperatur, dan kecepatan discharge baterai (rate of discharge).

Dianjurkan menggunakan tipe baterai untuk SHS dengan kapasitas yang mampu memberikan DOD (Depth of Discharge) regular 40% dan dapat mensuplai energi selama 3-4 hari (autonomy day) pada saat tidak ada matahari dengan DOD maksimum 80%.

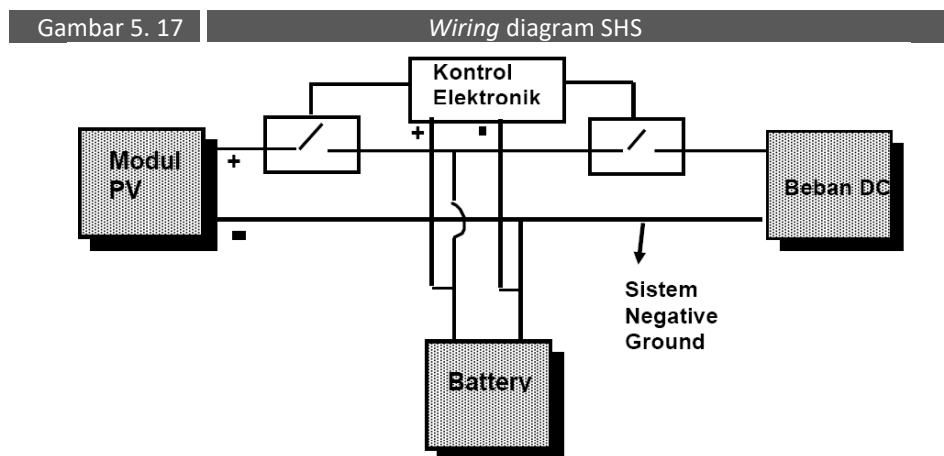
Umur baterai sangat tergantung pada pemakaian, DOD, laju charge dan discharge, perawatan, dan instalasi hubungan series/parallel. Baterai untuk keperluan SHS harus dirancang mampu mencapai umur 2 s/d 5 tahun.

p. Pemilihan BCR

Khusus untuk pemakaian Solar Home System (SHS), BCR yang digunakan harus lulus tes kualifikasi dan memenuhi persyaratan teknis dalam pemakaian SHS, yang meliputi:

- 1) Kapasitas maksimum input dan output.
- 2) Mempunyai tegangan batas bawah dan batas atas terhadap pemutusan baterai Konsumsi diri yang sangat kecil.
- 3) Mempunyai proteksi hubung singkat dan beban lebih.
- 4) Tegangan jatuh yang kecil ($<0,5V$) pada sisi PV-baterai dan pada sisi baterai-beban.
- 5) Mempunyai *blocking diode* dan sesuai dengan kapasitas maksimum.

Suatu contoh BCR jenis seri dan hubungannya dengan PV, baterai dan beban:



q. Pemilihan Inverter

Fungsi inverter adalah mengubah tegangan output dc dari PV atau baterai menjadi tegangan ac, umumnya 120V atau 220V, dengan frekwensi 50 Hz dan 60 Hz.

Bentuk gelombang, efisiensi, dan *surge capability* memegang peranan penting, serta berkaitan dengan biaya.

Jenis inverter pada umumnya ditentukan oleh bentuk gelombang output yang dihasilkan oleh suatu inverter, yaitu:

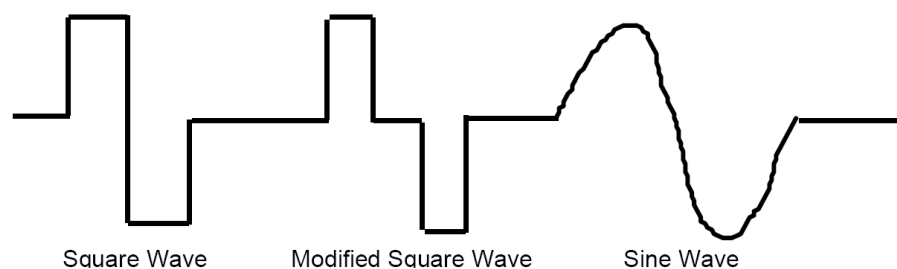
- 1) Gelombang kotak (*square wave*)
- 2) Modifikasi gelombang kotak (*modified square wave*) atau juga disebut *modified sine wave*.
- 3) Gelombang sinus (*sine wave*)

Ciri-ciri dari gelombang diatas adalah sebagaimana ditunjukkan pada gambar 13.

Dari sisi kualitas inverter dengan gelombang sinus adalah yang terbaik karena sama dengan gelombang listrik PLN, bahkan pada umumnya lebih baik kualitasnya. Sehingga inverter dengan gelombang sinus dapat digunakan untuk segala keperluan seperti layaknya listrik PLN. Kelemahan inverter sinus adalah harganya yang lebih mahal.

Gambar 5. 18

Gelombang *output* inverter



Gelombang kotak atau modifikasinya pada umumnya juga sudah dapat digunakan untuk berbagai keperluan. Beberapa aplikasi gelombang

kotak seperti penggunaan pada printer, sebaiknya dihindarkan. Penggunaan gelombang kotak pada motor-motor listrik bisa menyebabkan suhu motor lebih tinggi bila motor yang sama dioperasikan dengan gelombang sinus. Keunggulan inverter dengan gelombang kotak adalah harganya yang lebih murah dan mudah didapat.

Fungsi lain dari inverter adalah sebagai Ballast untuk lampu TL-Flourocent pada SHS. Umumnya tegangan output ac bervariasi antara 45 s/d 70Vac (rms), dan frekuensi >20kHz.

Terminal output inverter umumnya ada yang 2, 3 atau 4 kabel. Harus diperhatikan adanya interferensi pada gelombang radio AM Broadcast. Inverter untuk keperluan SHS harus lulus tes kualifikasi dan memenuhi syarat teknis sesuai pemakaiannya.

r. Instalasi

Dalam instalasi SESF, ada beberapa hal lain yang penting diperhatikan:

- 1) Komponen-komponen pendukung seperti saklar dc, circuit breaker, dan sikring (fuse) dipilih dari komponen yang handal dan tahan terhadap perubahan parameter fisis, a.l.: arus, tegangan, dan temperature, yang mendadak.
- 2) Pengkabelan dan koneksi disesuaikan dengan kondisi lingkungan lokasi, yaitu terhadap pengaruh kelembaban, temperature dan kemungkinan penyinaran matahari langsung.
- 3) Rancang dan pasang sistem pentanahan (*grounding*) secara baik dan pasang penangkal petir bila instalasi SESF merupakan bangunan tertinggi.
- 4) Seyogyanya gunakan komponen yang mempunyai umur panjang (bila dimungkinkan bisa bertahan selama 20 tahun sesuai dengan umur teknis modul fotovoltaik).

- 5) Mengamankan area sistem dengan pagar, tanda, ataupun alarm, sebagai tanda area berbahaya.

s. Sistem Pengkabelan (*Wiring System*)

Beberapa hal penting dalam sistem pengkabelan antara lain:

- 1) Meminimumkan rugi daya and tegangan hilang (*voltage drop*) dengan cara:
 - a) menyesuaikan kapasitas kabel untuk kompensasi temperature
 - b) membuat pengkabelan yang pendek-pendek
 - c) menyesuaikan diameter kabel terhadap arus yang mengalir
 - d) menyesuaikan panjang kabel untuk meminimumkan tegangan jatuh
- 2) Menggunakan pelindung kabel yang sesuai, conduit, atau ditanam langsung.
- 3) Minimumkan jumlah koneksi agar reliabilitas tinggi, biaya tenaga kerja rendah, dan sistem yang lebih aman.

t. Komponen Kabel Penghantar

Komponen-komponen kabel penghantar adalah sebagai berikut:

- 1) Gunakan konduktor dengan logam yang mempunyai sifat sebagai penghantar arus listrik yang baik, contoh: tembaga.
- 2) Gunakan konduktor untuk aplikasi luar (*outdoor cable*)
- 3) Lindungi konduktor, sebagai pengaman, dari panas, sinar matahari, serangga, dan lain sebagainya..
- 4) Pelindung kabel (*conduit*) dari logam atau plastik yang berfungsi sebagai pengaman tambahan kabel penghantar.

Tabel 5.1 menjelaskan luas penampang konduktor (*metric*) dengan kapasitas arus dan faktor kehilangan tegangannya.

Tabel 5. 1 Spesifikasi konduktor tembaga berdasarkan luas penampangnya

Penampang konduktor (mm ²)	Kapasitas arus (A)	Faktor kehilangan tegangan (V/A.m)
2.5	32	0.002823
4	42	0.001775
6	54	0.001117
10	73	0.0007023
16	98	0.0004416
25	129	0.0002778
35	158	0.0001747
50	198	0.0001385
70	245	0.0001099
95	292	0.0000871
120	344	0.0000691
150	391	0.0000548

Rugi-rugi tegangan atau tegangan hilang dapat dihitung dengan persamaan:

Rumus 1: Rugi-rugi Tegangan

$$\Delta V = \text{Arus (A)} \times \text{Panjang kabel (m)} \times \text{Faktor kehilangan tegangan (V/A/m)}$$

Problem Umum Kabel Penghantar

Problem yang menimpa kabel penghantar pada umumnya adalah:

- 1) Gangguan hubung singkat pada titik sambungan listrik dalam kotak pengaman akibat air, serangga, dan lain sebagainya.
- 2) Kegagalan isolasi kabel panas yang berlebihan.
- 3) Kerusakan akibat korosi (karat).

Pemilihan Kabel Penghantar

Pemilihan kabel penghantar berdasarkan atas pertimbangan sebagai berikut:

- 1) Tegangan hilang, yaitu perbedaan antara tegangan pada sisi pengirim (sumber) dengan tegangan pada sisi penerima (beban). Umumnya dinyatakan dalam %.
- 2) Tipe Isolasi kabel: outdoor atau indoor
- 3) Kemampuan hantar arus yang berdasarkan:
 - a) Ukuran penampang konduktor
 - b) Jenis dan bahan konduktor

Tegangan Jatuh (Voltage Drop)

Faktor yang mempengaruhi besarnya drop tegangan :

- 1) Panjang kabel (meter)
- 2) Jenis material konduktor kabel
- 3) Ukuran penampang konduktor (mm²)

Standar tegangan hilang maksimum pada sistem SHS: 3% ~ 5%.

Contoh sifat resistif (tahanan) konduktor: kabel tembaga ukuran 1 mm² mempunyai resistansi 0,0365 ohm/meter (pada temperatur 25°C).

Perhitungan tegangan jatuh kabel tembaga tersebut dapat dicari dengan rumus umum:

Rumus 2: Tegangan hilang pada kabel

$$\Delta V = \rho \frac{L * I}{A}$$

dimana:

ΔV : Tegangan hilang (volt)

ρ : Tahanan jenis konduktor (Cu, Al)

L : Panjang kabel positif dan negatif (meter)

I : Arus nominal (Ampere)

A : Ukuran penampang konduktor (mm²)

u. Perangkat Lunak Perancangan

Dalam perancangan sistem, ada beberapa perangkat lunak atau *software* untuk membantu merancang dan menganalisa Sistem Energi Surya Fotovoltaik (SESF). Perangkat lunak tersebut pada aplikasinya dikategorikan menjadi dua. Misalkan, praktisi lapangan biasanya menggunakan perangkat lunak yang lebih praktis untuk mendisain sistem. Sedangkan peneliti atau ilmuwan membutuhkan perangkat lunak yang lebih kompleks atau *simulation tool* untuk optimisasi.

v. Kategori Perangkat Lunak

Dalam perancangan SESF, perangkat lunak pendukung perancangan dapat dikategorikan menjadi:

- 1) *Pre-feasibility tools*, contohnya RETScreen
- 2) *Sizing tools*, contohnya HOMER dan PVSyst
- 3) *Simulation tools*, contohnya INSEL

Pre-feasibility tools adalah perangkat lunak yang relatif sederhana untuk membantu memperkirakan apakah SESF dapat memenuhi spesifikasi dalam hal kebutuhan energi dan biaya energi selama masa pakai sistem. Biasanya digunakan sebagai rancangan kasar sebagai perhitungan awal.

Sizing tools atau perangkat lunak perancangan membantu mengoptimalkan tiap komponen yang terlibat dalam sistem. Salah satu input utamanya adalah data kebutuhan energi. Software-software kategori ini bisa memberikan informasi lebih detail mengenai energi yang dihasilkan tiap komponen dan masa-masa kritis dalam kurun waktu setahun. Terdapat dua perspektif pada perancangan menggunakan sizing tools: mengoptimalkan sistem secara ekonomis selama kurun masa pakainya, atau mengoptimalkan fungsi sistem dengan mengabaikan aspek ekonomi.

Simulation tools atau perangkat lunak simulasi merupakan kebalikan dari sizing tools, karena perancang terlebih dahulu menentukan karakteristik dan

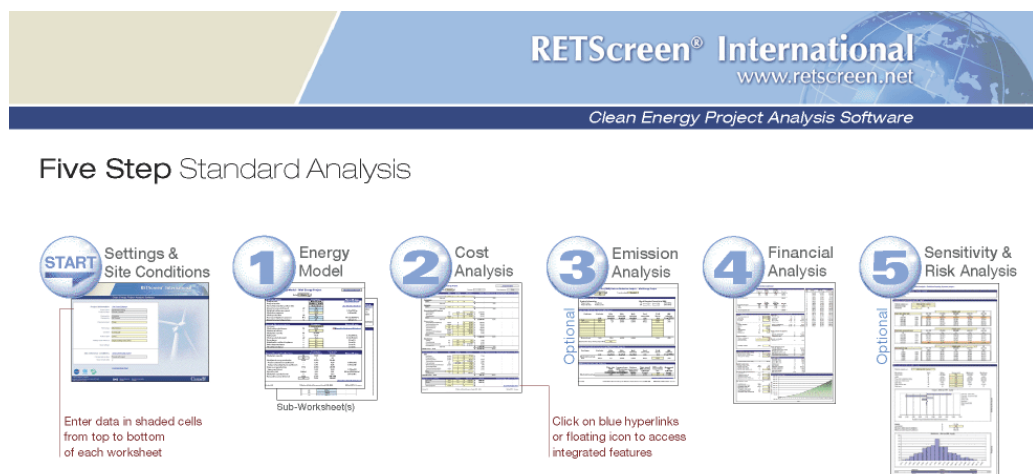
ukuran komponen yang dibutuhkan. Perangkat lunak kemudian akan memberikan informasi detail mengenai karakteristik sistem yang diusulkan. Perangkat lunak kategori ini dapat juga digunakan sebagai sizing tool. Hal ini dapat dilakukan dengan mengidentifikasi variabel-variabel utama dan kemudian mengeksekusi simulasi secara berulang-ulang. Variabel-variabel utama tersebut di-input dan disesuaikan secara manual sampai didapat rancangan yang diharapkan dan optimal. Dalam optimasi, perancangan dengan simulation tools mengabaikan aspek ekonomi.

RETScreen

Perangkat lunak ini dikembangkan oleh CANMET Energy Diversification Research Laboratory (CEDRL). Perangkat lunak ini menganalisa data berstandar Microsoft Excel, digunakan untuk membantu memperkirakan produksi energy, *life-cycle cost* atau biaya masa pakai sistem, dan pengurangan emisi gas rumah hijau (*greenhouse gas emission*) untuk berbagai sistem energi terbarukan.

Gambar 5. 19

Tahapan perancangan menggunakan RETScreen



RETScreen® Cost Analysis - Wind Energy Project

Type of project: **Custom** Currency: **\$** Cost references: **None**

Initial Costs (Credits)	Unit	Quantity	Unit Cost	Amount	Relative Costs	Quantity Range
Feasibility Study						
Site investigation	p-d	6	\$ 800	\$ 4,800	-	-
Wind resource assessment	met tower	6	\$ 22,000	\$ 132,000	-	-
Environmental assessment	p-d	8	\$ 800	\$ 6,400	-	-
Preliminary design	p-d	18	\$ 800	\$ 14,400	-	-
Detailed cost estimate	p-d	18	\$ 800	\$ 14,400	-	-
Report preparation	p-d	8	\$ 800	\$ 6,400	-	-
Project management	p-d	6	\$ 800	\$ 4,800	-	-
Travel and accommodation	p-trip	4	\$ 3,000	\$ 12,000	-	-
Other	Cost	0	\$ -	\$ -	-	-
Sub-total				\$ 195,200	0.6%	
Development						
PPA negotiation	p-d	20	\$ 1,200	\$ 24,000	-	-
Permits and approvals	p-d	250	\$ 800	\$ 200,000	-	-
Land rights	project	1	\$ 30,000	\$ 30,000	-	-
Land survey	p-d	50	\$ 600	\$ 30,000	-	-
Project financing	p-d	100	\$ 1,500	\$ 150,000	-	-
Legal and accounting	p-d	100	\$ 1,200	\$ 120,000	-	-
Project management	p-yr	1.25	\$ 130,000	\$ 162,500	-	-
Travel and accommodation	p-trip	18	\$ 3,000	\$ 54,000	-	-
Other	Cost	0	\$ -	\$ -	-	-
Sub-total				\$ 778,500	2.5%	
Engineering						
Wind turbine(s) micro-siting	p-d	175	\$ 800	\$ 140,000	-	-
Mechanical design	p-d	100	\$ 800	\$ 80,000	-	-
Electrical design	p-d	150	\$ 800	\$ 120,000	-	-
Civil design	p-d	90	\$ 800	\$ 72,000	-	-
Tenders and contracting	p-d	110	\$ 800	\$ 88,000	-	-
Construction supervision	p-yr	0.85	\$ 130,000	\$ 110,500	-	-
Other	Cost	0	\$ -	\$ -	-	-
Sub-total				\$ 610,500	2.0%	
Renewable Energy (RE) Equipment						
Wind turbine(s)	kW	20,000	\$ 1,000	\$ 20,000,000	-	-
Spare parts	%	3.0%	\$ 20,000,000	\$ 600,000	-	-
Transportation	turbine	20	\$ 33,000	\$ 660,000	-	-
Other	Cost	0	\$ -	\$ -	-	-
Sub-total				\$ 21,260,000	68.4%	

Navigation: Intro / Energy Model / Equipment Data / **Cost Analysis** / GHG Analysis / Financial Summary / Sheet1 / Sheet2 / Sheet3

Program RET-Screen dapat diperoleh dengan cara *download* gratis.

HOMER

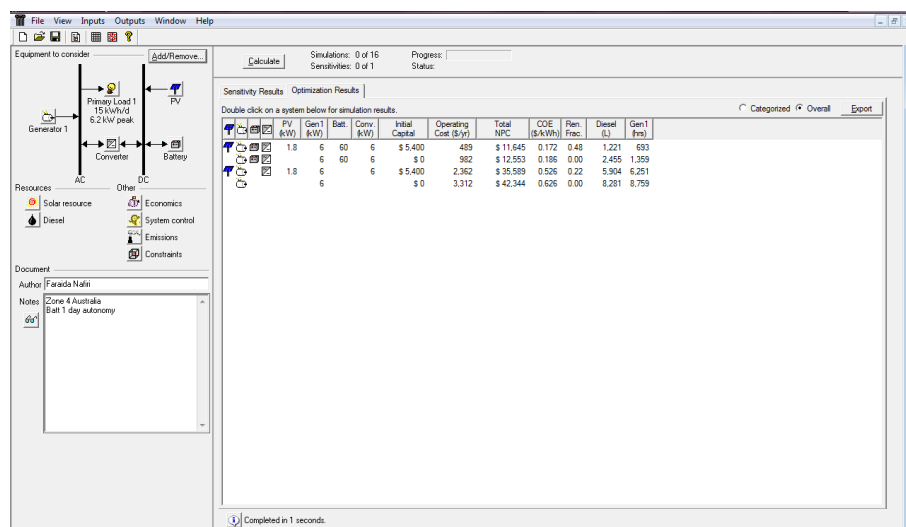
Dikembangkan oleh National Renewable Energy Laboratory (NREL). Hybrid Optimization Model for Electric Renewables (HOMER) lebih banyak digunakan untuk perancangan sistem hibrida atau sistem yang mengkombinasikan dua atau lebih sumber energi, misalnya: fotovoltaik-generator diesel, fotovoltaik-angin-generator diesel, fotovoltaik-mikrohidro-angin-generator diesel, dan seterusnya.

Keunggulan HOMER adalah optimasi dan sizing dengan mengeksekusi berulang-ulang secara otomatis kombinasi komponen yang dimasukkan

sebagai input. Parameter utama adalah: profil beban dan data meteorologi dari lokasi implementasi. Setelah itu baru memasukkan input komponen-komponen yang akan digunakan, misalnya panel surya, diesel generator, turbin angin, baterai, inverter, dan sebagainya. Dengan memberikan input ekonomi dari masing-masing komponen, HOMER akan menunjukkan konfigurasi sistem sebagai hasil optimasi, yang diurut berdasarkan fisibilitas dan *cost-effectiveness*.

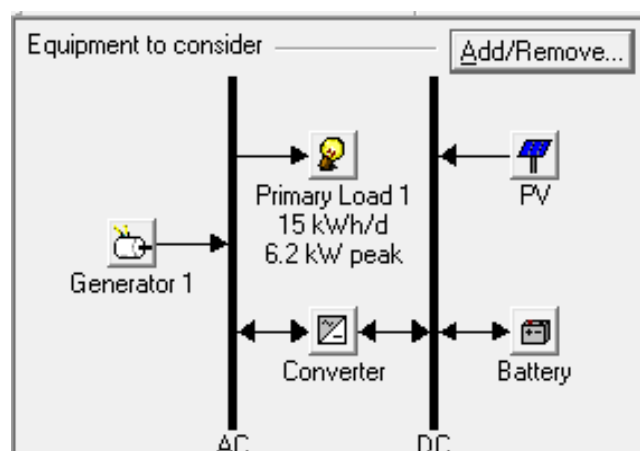
Gambar 5. 21

Tampilan utama HOMER



Gambar 5. 22

Contoh layout komponen























Gambar 5. 23

Konfigurasi sistem sebagai hasil optimasi HOMER

Sensitivity Results Optimization Results

Double click on a system below for simulation results.

   	PV (kW)	Gen1 (kW)	Batt. (kWh)	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Diesel (L)	Gen1 (hrs)
   	1.8	6	60	6	\$ 5,400	489	\$ 11,645	0.172	0.48	1,221	693
   		6	60	6	\$ 0	982	\$ 12,553	0.186	0.00	2,455	1,359
   	1.8	6		6	\$ 5,400	2,362	\$ 35,589	0.526	0.22	5,904	6,251
   		6			\$ 0	3,312	\$ 42,344	0.626	0.00	8,281	8,759

Program HOMER pada mulanya dapat diperoleh dengan cara *download* gratis, tetapi perkembangan terakhir memerlukan lisensi.

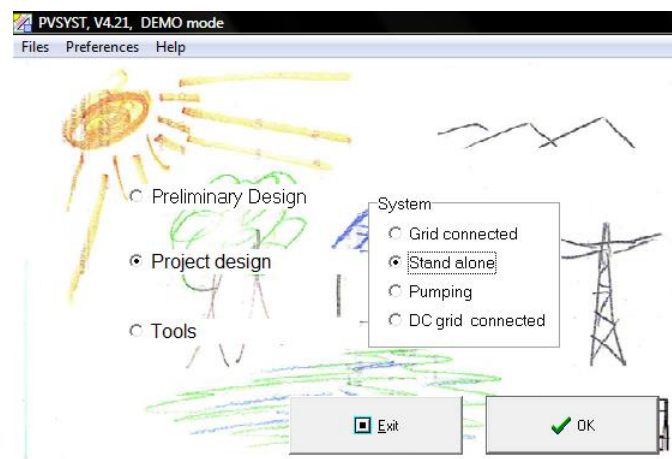
PVSyst

Dikembangkan oleh Universitas Genewa di Swiss. Perangkat lunak ini mengintegrasikan pre-feasibility, sizing dan simulation tools terutama untuk sistem hibrida. Langkah awal adalah menentukan lokasi dan beban. Kemudian perancang memasukkan input komponen dari product database yang dimiliki PVSyst, dan software ini akan secara otomatis mengkalkulasi ukuran tiap komponen (misalkan fotovoltaik, turbin angin, dan sebagainya).

Untuk modul pre-feasibility, PVSyst akan memberikan analisa finansial SESF yang sederhana berdasarkan input lokasi dan beban, namun modul ini tidak dapat melayani kebutuhan perancangan sistem hibrida.

Gambar 5. 24

Layout opsi disain PVSyst



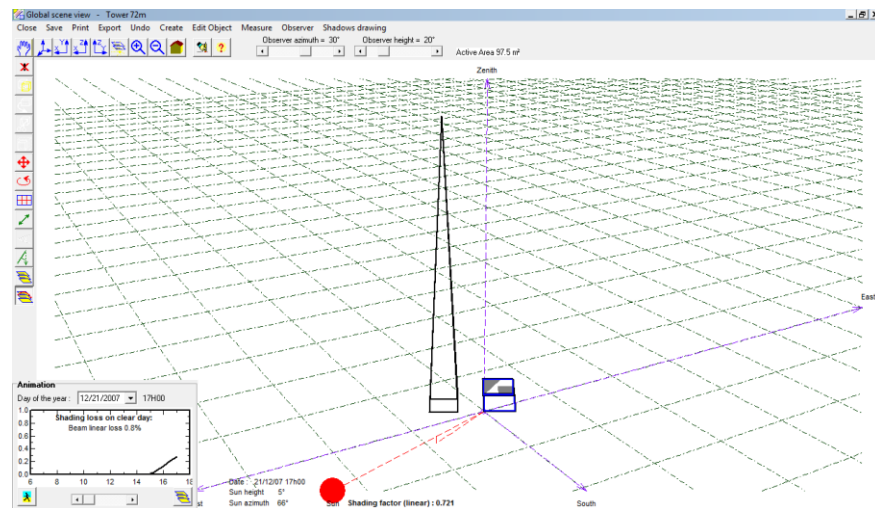
Gambar 5. 25

Tahapan simulasi dengan PVSyst



Gambar 5. 26

Contoh simulasi rugi-rugi akibat bayangan dengan peletakan sumber bayangan



Program PVSyst harus diperoleh dengan cara *download* dan memerlukan lisensi.

INSEL

Program simulasi INSEL pertama kali dikembangkan oleh Universitas Oldenburg, Jerman. Berdasarkan karakternya, sistem simulasi INSEL masuk kedalam simulasi fisis (*physical simulation*), dimana model dan hubungan setiap komponen sistem ditampilkan.

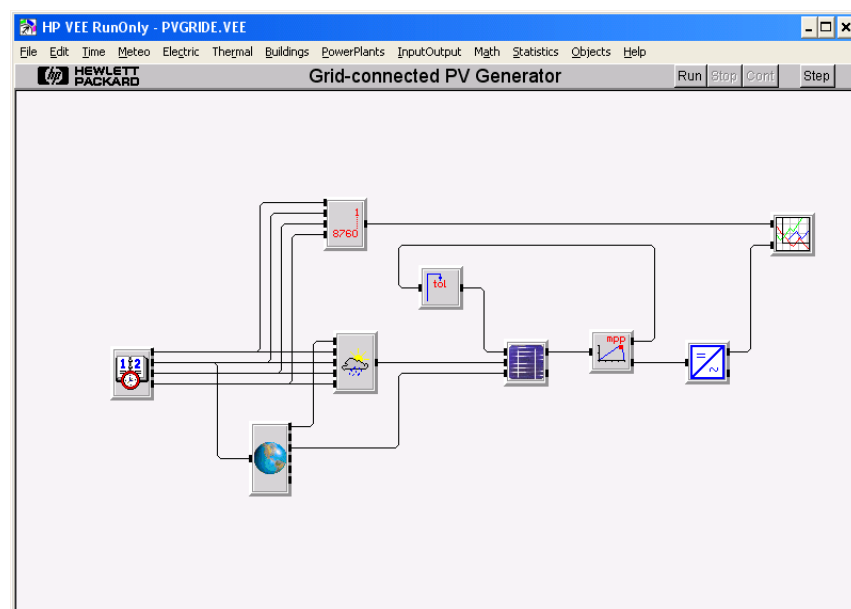
Insel merupakan perangkat lunak untuk membantu merancang, memonitor, sekaligus visualisasi sistem energi. Fungsi-fungsi yang dapat di-interkoneksi dalam satu perancangan sistem dengan perangkat ini antara lain data meteorologi, komponen listrik, dan komponen energi termal.

Keistimewaan perangkat ini adalah simulasi yang lebih kompleks dan detail, dengan memasukkan parameter-parameter dan fungsi-fungsi yang berhubungan dengan kondisi meteorologi dan karakteristik tiap komponen sistem.

Gambar 5.27 mengilustrasikan model simulasi sistem energi surya fotovoltaik on-grid menggunakan Insel.

Gambar 5. 27

Contoh model INSEL untuk SESF on-grid



Program INSEL harus diperoleh dengan cara *download* dan memerlukan lisensi.

D. Aktifitas Pembelajaran

Buatlah langkah kerja secara berurutan berikut gambar detail instalasi serta gambarnya dari Sistem energi surya fotovoltaik terpusat dipasang di daerah terpencil, masing-masing merencanakan sendiri perencanaannya !

E. Rangkuman

Energi matahari merupakan energi yang utama bagi kehidupan di bumi. Selain itu panas matahari juga berperan penting dalam menjaga kehidupan di bumi ini. Tanpa energi panas dari matahari maka seluruh kehidupan di muka bumi akan sangat dingin dan tidak ada makhluk hidup yang sanggup hidup di dalamnya.

Sistem Energi Surya Fotovoltaik (SESF) adalah suatu sistem yang memanfaatkan energi surya sebagai sumber energinya.

Konsep perancangan SESF dapat dilakukan dengan berbagai pendekatan tergantung pada kebutuhannya, misalnya untuk :

- 1) Catudaya langsung ke beban.
- 2) Sistem DC dengan baterai.
- 3) Sistem arus bolak-balik (AC) tanpa baterai.
- 4) Sistem AC dengan baterai.

Keuntungan utama yang menarik dari sistem Energi Tenaga Surya Fotovoltaik ini adalah:

1. Sistem bersifat modular.
2. Pemasangannya mudah.
3. Kemungkinan desentralisasi dari sistem.
4. Tidak diperlukan transportasi dari bahan bakar.

5. Tidak menimbulkan polusi dan kebisingan suara.
6. Sistem memerlukan pemeliharaan yang kecil.
7. Biaya operasi yang rendah.

F. Tes Formatif

1. Apa yang dimaksud dengan efek fotolistrik.
2. Jelaskan Struktur *solar cell*.
3. Jelaskan sistim pembangkit listrik tenaga hibrid.
4. Jelaskan kelebihan dan kekurangan Sistem Hibrida PV-Genset

G. Kunci Jawaban

1. Efek fotolistrik adalah pelepasan elektron dari permukaan metal yang disebabkan penumbukan cahaya. Efek ini merupakan proses dasar fisis dari fotovoltaik merubah energi cahaya menjadi listrik.

2. Struktur *solar cell*

Bahan semikonduktor saat ini yang paling sering digunakan untuk produksi Solar cell adalah silikon, karena memiliki beberapa keuntungan diantaranya ; dapat dengan mudah ditemukan di alam, tidak mencemari, tidak merusak lingkungan dan dapat dengan mudah mencair, di tangani dan dibentuk menjadi bentuk silikon monocrystalline , dll. Pada umumnya *solar cell* dikonfigurasi sebagai suatu sambungan *large-area* p-n yang terbuat dari silikon.

3. Sistim pembangkit listrik tenaga hibrid (PLTH) adalah suatu sistim pembangkit listrik dengan menggunakan beberapa sumber energi, seperti misalnya sumber energi matahari dengan diesel, sumber energi matahari-angin-mikrohidro.

4. Kelebihan dan Kekurangan Sistem Hibrida PV-Genset

Kelebihan-kelebihan sistem hibrid PV-genset adalah sebagai berikut:

- a. Daya listrik tersedia sesuai dengan kebutuhan.
- b. Secara teknis handal.
- c. Layanan purna jual relatif mudah diperoleh.
- d. Biaya Investasi (Rp/kW) relatif murah.

Kekurangannya antara lain:

- a. Biaya operasi dan pemeliharaan relatif agak mahal.
- b. Masih diperlukan transportasi penyediaan bahan bakar.
- c. Pada jam-jam tertentu akan menimbulkan kebisingan dan polusi udara.
- d. Memerlukan pemeliharaan yang rutin.
- e. Perlu pengoperasian yang ekstra aktif agar sistem selalu bekerja efisien pada kondisi beban yang bervariasi (harus dihindarkan pengoperasian genset disel pada beban rendah).

KEGIATAN PEMBELAJARAN 5 : TEKNOLOGI PENGATUR SUHU RUANGAN

A. Tujuan

Setelah mengikuti kegiatan belajar ini, peserta diklat dapat:

1. Mengenal bagian-bagian yang menggunakan alat pemanas matahari.
2. Menyebutkan proses pemanasan matahari terhadap alat pemanas

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Setelah mengikuti kegiatan belajar ini, peserta diklat mampu:

1. Menelaah mekanisme kerja teknologi pengatur suhu ruangan di daerah dingin dengan panas matahari dengan benar.
2. Menganalisis mekanisme kerja dari model teknologi pemanas air energi surya dengan benar.

C. Uraian Materi

1. Pemanasan, pendinginan, dan ventilasi

Gambar 6. 1

Rumah desain energi surya



Rumah surya pertama Institut Teknologi Massachusetts di Amerika Serikat, dibangun pada tahun 1939, menggunakan penyimpanan energi panas musiman untuk pemanasan sepanjang tahun.

Di Amerika Serikat, sistem pemanasan, ventilasi, dan penyejuk udara (HVAC) memakai 30% (4,65 EJ) dari energi yang digunakan untuk bangunan komersil dan hampir 50% (10,1 EJ) energi yang digunakan untuk perumahan. Teknologi pemanasan, pendinginan, dan ventilasi surya dapat digunakan untuk mengganti sebagian dari energi ini.

Massa termal adalah materi yang digunakan untuk menyimpan panas, termasuk dari Matahari. Materi massa termal yang umum meliputi batu, semen, dan air. Menurut sejarah, materi-materi ini telah digunakan di daerah dengan iklim kering atau hangat untuk menjaga bangunan tetap sejuk dengan menyerap energi surya sepanjang hari dan memancarkan energi yang disimpan ke atmosfer yang lebih dingin di malam hari. Namun, materi ini juga dapat digunakan di daerah dingin untuk mempertahankan kehangatan.

Ukuran dan penempatan massa termal tergantung pada beberapa faktor, seperti iklim, pencahayaan, dan kondisi bayangan. Saat faktor-faktor ini dipertimbangkan secara baik, massa termal mempertahankan temperatur ruangan dalam rentang nyaman dan mengurangi peralatan pemanasan dan pendinginan tambahan.

Cerobong surya (atau cerobong termal, dalam konteks ini) adalah sistem ventilasi surya pasif, yang terdiri dari terowongan vertikal yang menghubungkan bagian dalam dengan bagian luar dari bangunan. Saat cerobong mulai hangat, udara di dalamnya memanaskan dan menyebabkan udara bergerak ke atas dan menarik udara melewati bangunan. Performansi dapat ditingkatkan dengan menggunakan kaca dan materi massa termal untuk meniru rumah kaca.

Pohon dan tanaman musiman telah digunakan sebagai cara mengendalikan pemanasan dan pendinginan surya. Ketika tanaman ditanam pada bagian selatan bangunan, daun tanaman akan berfungsi sebagai peneduh pada musim panas, dan pada musim dingin, daun tanaman akan rontok dan cahaya dapat lewat lebih banyak. Saat gugur, pohon tak berdaun menghalangi 1/3 sampai 1/2 radiasi surya yang datang, ada keseimbangan antara manfaat teduh saat musim panas dan pemanasan akibat daun gugur saat musim dingin.

Di iklim dengan kebutuhan pemanasan tinggi, pohon musiman tidak cocok ditanam di bagian selatan bangunan karena pohon akan mengurangi ketersediaan energi surya saat musim dingin. Namun, pohon tersebut dapat digunakan pada sisi timur dan barat untuk menyediakan tempat teduh selama musim panas tanpa mempengaruhi perolehan energi surya selama musim dingin.

2. Metode Penyimpanan Panas

Gambar 6. 2

Pembangkit Listrik Tenaga Surya



Pembangkit listrik tenaga surya Andasol yang berkapasitas 150 MW adalah pembangkit listrik termal surya komersil berlokasi di Spanyol yang menggunakan cekungan parabola. Pembangkit Andasol menggunakan lelehan garam untuk menyimpan energi surya agar pembangkit tetap dapat memproduksi listrik saat matahari tidak tampak.

Sistem massa termal dapat menyimpan energi surya dalam bentuk panas pada temperatur yang cocok untuk penggunaan sehari-hari atau musiman. Sistem penyimpanan panas umumnya menggunakan materi yang sudah tersedia dengan kapasitas panas tinggi seperti air, tanah, dan batu. Sistem yang dirancang dengan baik dapat menurunkan kebutuhan puncak, menggeser waktu penggunaan ke waktu senggang, dan mengurangi kebutuhan pemanasan dan pendinginan.

Materi ubah fase seperti lilin parafin dan garam Glauber adalah contoh media penyimpan panas. Media ini tidak mahal, tersedia, dan dapat menghasilkan temperatur yang cocok untuk penggunaan di rumah (sekitar 64 °C). Rumah Dover (di Dover, Massachusetts) adalah rumah pertama yang menggunakan sistem pemanasan garam Glauber pada tahun 1948.

Energi surya dapat disimpan pada temperatur tinggi dengan menggunakan lelehan garam. Garam adalah media penyimpan yang efektif karena harganya murah, memiliki kapasitas panas yang tinggi, dan dapat menghasilkan panas pada temperatur yang cocok dengan sistem pembangkit konvensional. Solar Two menggunakan metode penyimpanan ini dan dapat menyimpan 1,44 TJ di tangki penyimpanan sebesar 68 m³ dengan efisiensi penyimpanan tahunan sekitar 99%.

Sistem fotovoltaik yang tidak terhubung dengan saluran listrik biasanya menggunakan baterai yang bisa diisi ulang untuk menyimpan listrik berlebih. Dengan sistem yang terhubung dengan saluran listrik, listrik berlebih dapat dikirimkan ke transmisi listrik. Saat produksi listrik kurang, listrik dari saluran listrik dapat digunakan. Program meteran net memberikan kredit untuk rumah tangga yang menyalurkan listrik ke saluran listrik.

Hal ini dilakukan dengan memutar terbalik meteran listrik saat rumah memproduksi lebih banyak listrik ketimbang menggunakannya. Jika penggunaan netto listrik di bawah nol, maka kredit yang dihasilkan akan dilimpahkan ke bulan depan. Cara lain menggunakan dua meteran, satu untuk mengukur listrik yang digunakan, satu lagi untuk mengukur listrik yang diproduksi. Cara ini tidak umum digunakan karena biaya tambahan akibat pemasangan meteran listrik kedua. Kebanyakan meteran baku secara akurat mengukur di kedua arah sehingga meteran kedua tidak diperlukan.

Penyimpanan energi dengan pompa di pembangkit listrik tenaga air menyimpan energi dalam bentuk potensial ketinggian, yaitu dengan memompa air dari tempat rendah ke tempat tinggi. Energi dapat diambil kembali saat dibutuhkan dengan mengalirkan air ke pembangkit listrik.

3. Penyimpanan Energi Panas

Sistem panas matahari adalah solusi energi terbarukan yang menjanjikan karena matahari adalah sumber daya yang melimpah. Kecuali di malam hari atau saat matahari terhalang oleh awan. Sistem penyimpanan energi panas tekanan tinggi pada tangki penyimpanan cairan digunakan bersama dengan sistem panas matahari untuk memungkinkan pembangkit menyimpan energi potensial listrik.

Penyimpanan off-peak adalah komponen penting untuk efektivitas pembangkit listrik panas matahari. Tiga teknologi TES (Thermal Energy Storage) primer telah diuji sejak 1980-an ketika pembangkit listrik termal pertama dibangun dengan sistem langsung dua-tangki, sistem tidak langsung dua-tank dan sistem termoklin tunggal-tank.

Dalam sistem langsung dua-tangki, energi panas matahari disimpan tepat di tempat yang sama dengan transfer cairan panas yang dikumpulkan. Cairan ini

dibagi menjadi dua tank, satu tangki penyimpanan pada suhu rendah dan yang lain pada suhu tinggi.

Cairan yang disimpan dalam tangki suhu rendah berjalan melalui kolektor surya pembangkit listrik di mana dipanaskan dan dikirim ke tangki suhu tinggi. Cairan disimpan pada suhu tinggi dikirim melalui penukar panas yang menghasilkan uap, yang kemudian digunakan untuk menghasilkan listrik di generator. Dan setelah melalui penukar panas, cairan kemudian kembali ke tangki suhu rendah.

Sebuah sistem tidak langsung dua-tangki berfungsi pada dasarnya sama dengan sistem langsung kecuali bekerja dengan berbagai jenis transfer panas cairan, biasanya dengan harga yang mahal atau tidak dimaksudkan untuk digunakan sebagai cairan penyimpanan. Untuk mengatasi hal ini, sistem tidak langsung melewati cairan suhu rendah melalui penukar panas tambahan. Berbeda dengan sistem dua tangki, sistem termoklin tunggal-tank menyimpan energi panas sebagai padatan, biasanya berbentuk pasir silika. Di dalam sebuah tangki tunggal, bagian padat disimpan dari suhu rendah ke suhu tinggi, dalam gradien suhu, tergantung pada aliran cairan.

Untuk tujuan penyimpanan, transfer cairan panas mengalir ke bagian atas tangki dan mendingin karena perjalanan ke bawah, keluar sebagai cairan suhu rendah. Untuk menghasilkan uap dan menghasilkan listrik, proses dibalik. Sistem panas matahari yang menggunakan minyak mineral atau garam cair sebagai media transfer panas yang utama untuk TES, tapi sayangnya tanpa penelitian lebih lanjut, sistem yang berjalan di atas air/uap tidak dapat menyimpan energi panas.

4. Rumah Kaca Energi Surya



Sumber: www.triplepundit.com

Ide menggunakan bahan massa termal-bahan yang memiliki kapasitas untuk menyimpan panas-untuk menyimpan energi suryaberlaku untuk lebih dari sekedar surya skala besar pembangkit listrik termal dan fasilitas penyimpanan. Idanya dapat bekerja dalam sesuatu yang lebih sederhana seperti rumah kaca.

Semua rumah kaca sebagai perangkat energi matahari di siang hari, biasanya dengan manfaat menghadap ke selatan dan atap miring untuk memaksimalkan paparan sinar matahari. Tapi setelah matahari terbenam, rumah kaca panas matahari dapat mempertahankan panas termal dan menggunakannya untuk menghangatkan rumah kaca di malam hari.

Bebatuan, semen dan air atau barel berisi air semua dapat digunakan sebagai alat sederhana, bahan pasif massa termal (heat sink), menangkap panas matahari di siang hari dan memancar kembali di malam hari.

Aspirasi yang lebih besar? Menerapkan ide-ide yang sama yang digunakan dalam pembangkit listrik panas matahari (meskipun pada tingkat yang jauh lebih kecil). Rumah kaca panas matahari, juga disebut rumah kaca surya aktif, memerlukan dasar-dasar yang sama seperti sistem termal surya lain: kolektor surya, tangki penyimpanan air, tabung atau pipa (dimakamkan di lantai), pompa untuk

memindahkan media perpindahan panas (udara atau air) dalam kolektor surya untuk penyimpanan dan listrik (atau sumber daya lain) untuk daya pompa.

Cara Kerja Rumah Kaca Panas surya:

Dalam satu skenario, udara yang berkumpul di puncak atap rumah kaca ditarik melalui pipa dan di bawah lantai. Pada siang hari, udara ini panas dan menghangatkan tanah. Pada malam hari, udara dingin ditarik ke dalam pipa. Tanah hangat memanaskan udara dingin, yang pada gilirannya memanaskan rumah kaca. Atau, air kadang-kadang digunakan sebagai media transfer panas. Air dikumpulkan dan solar dipanaskan dalam tangki penyimpanan eksternal dan kemudian dipompa melalui pipa-pipa untuk menghangatkan rumah kaca.

5. Cerobong Asap Tenaga Surya

Sama seperti rumah kaca panas matahari, cara untuk menerapkan teknologi panas matahari untuk kebutuhan sehari-hari digunakan pula untuk cerobong asap panas matahari, atau cerobong termal yang memanfaatkan bahan massa termal.

Gambar 6. 4

Cerobong Asap Tenaga Surya



Sumber: topgreencontractors.com

Cerobong termal pasif sistem ventilasi surya, yang berarti *non mechanical*. Contoh ventilasi mekanis termasuk ventilasi seluruh rumah yang menggunakan ventilasi dan saluran untuk membuang udara kotor dan udara segar. Melalui prinsip pendinginan konvektif, cerobong termal memungkinkan udara dingin sementara mendorong udara panas dari dalam ke luar. Dirancang berdasarkan pada kenyataan bahwa udara panas naik, mengurangi panas yang tidak diinginkan selama sehari dan melakukan pertukaran interior udara (hangat) untuk eksterior udara (dingin).

Cerobong termal biasanya terbuat dari hitam, massa termal berongga dengan bukaan di bagian atas untuk udara panas berperan sebagai knalpot. Bukaan inlet lebih kecil dari outlet pembuangan dan ditempatkan pada ketinggian rendah sampai tinggi sedang di kamar. Ketika udara panas naik lolos melalui eksterior knalpot outlet, baik ke luar atau ke dalam tangga terbuka atau atrium. Karena ini terjadi, sebuah updraft menarik udara dingin masuk melalui lubang.

Dalam menghadapi pemanasan global, kenaikan biaya bahan bakar dan permintaan yang semakin berkembang untuk energi, kebutuhan energi diperkirakan akan meningkat hampir setara dengan 335 juta barel minyak per hari, dan sebagian besar untuk listrik.

Salah satu hal yang besar tentang tenaga panas surya adalah bahwa hal tersebut diperlukan sekarang, tidak menunggu lagi. Dengan mengkonsentrasikan energi surya dengan bahan reflektif dan mengubahnya menjadi listrik, pembangkit listrik panas matahari modern, jika diadopsi hari ini sebagai bagian tak terpisahkan dari pembangkit energi, mungkin mampu menjadi sumber listrik untuk lebih dari 100 juta orang selama 20 tahun ke depan. Semua dari satu sumber daya terbarukan paling besar yakni matahari.

D. Aktivitas Pembelajaran

Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran

Sebelum melakukan kegiatan pembelajaran, berdiskusilah dengan sesama peserta diklat di kelompok Saudara untuk mengidentifikasi hal-hal berikut:

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran ini? Sebutkan!
2. Bagaimana saudara mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
3. Ada berapa dokumen bahan bacaan yang ada di dalam Materi pembelajaran ini? Sebutkan!
4. Apa topik yang akan saudara pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!
5. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh saudara sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
6. Apa bukti yang harus diunjukkan oleh saudara sebagai guru kejuruan bahwa saudara telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan **LK-05**. Jika Saudara bisa menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas dengan baik, maka Saudara bisa melanjutkan pembelajaran.

E. Rangkuman

Massa termal adalah materi yang digunakan untuk menyimpan panas, termasuk dari Matahari. Materi massa termal yang umum meliputi batu, semen, dan air. Menurut sejarah, materi-materi ini telah digunakan di daerah dengan iklim kering atau hangat untuk menjaga bangunan tetap sejuk dengan menyerap energi surya sepanjang hari dan memancarkan energi yang disimpan ke atmosfer yang lebih dingin di malam hari. Namun, materi ini juga dapat digunakan di daerah dingin untuk mempertahankan kehangatan.

Sistem massa termal dapat menyimpan energi surya dalam bentuk panas pada temperatur yang cocok untuk penggunaan sehari-hari atau musiman. Sistem penyimpanan panas umumnya menggunakan materi yang sudah tersedia dengan kapasitas panas tinggi seperti air, tanah, dan batu. Sistem yang dirancang dengan baik dapat menurunkan kebutuhan puncak, menggeser waktu penggunaan ke waktu senggang, dan mengurangi kebutuhan pemanasan dan pendinginan.

Penyimpanan off-peak adalah komponen penting untuk efektivitas pembangkit listrik panas matahari. Tiga teknologi TES (*Thermal Energy Storage*) primer telah diuji sejak 1980-an ketika pembangkit listrik termal pertama dibangun dengan sistem langsung dua-tangki, sistem tidak langsung dua-tank dan sistem termoklin tunggal-tank.

Dalam sistem langsung dua-tangki, energi panas matahari disimpan tepat di tempat yang sama dengan transfer cairan panas yang dikumpulkan. Cairan ini dibagi menjadi dua tank, satu tangki penyimpanan pada suhu rendah dan yang lain pada suhu tinggi.

F. Tes Formatif

1. Sebutkan bahan-bahan yang mampu menyimpan panas.
2. Sebutkan langkah penyimpanan panas untuk bangunan konstruksi.
3. Buatlah contoh aplikasi pemanfaatan panas untuk pengatur suhu ruang.

G. Kunci Jawaban

1. Materi massa termal atau bahan-bahan yang mampu menyimpan panas yang umum meliputi batu, semen, dan air.
2. Penyimpanan panas untuk bangunan kontruksi, langkahnya: udara yang mengumpul di puncak atap rumah kaca ditarik melalui pipa dan di bawah lantai. Pada siang hari, udara ini panas dan menghangatkan tanah. Pada malam hari, udara dingin ditarik ke dalam pipa. Tanah hangat memanaskan udara dingin, yang pada gilirannya memanaskan rumah kaca. Atau, air kadang-kadang digunakan sebagai media transfer panas. Air dikumpulkan dan solar dipanaskan dalam tangki penyimpanan eksternal dan kemudian dipompa melalui pipa-pipa untuk menghangatkan rumah kaca.
3. Contoh aplikasi pemanfaatan energi panas untuk pengatur suhu ruang yaitu cerobong termal pasif sistem ventilasi surya, yang berarti *non mechanical*. Contoh ventilasi mekanis termasuk ventilasi seluruh rumah yang menggunakan ventilasi dan saluran untuk membuang udara kotor dan udara segar. Melalui prinsip pendinginan konvektif, cerobong termal memungkinkan udara dingin sementara mendorong udara panas dari dalam ke luar. Dirancang berdasarkan pada kenyataan bahwa udara panas naik, mengurangi panas yang tidak diinginkan selama seharian dan melakukan pertukaran interior udara (hangat) untuk eksterior udara (dingin).

LEMBAR KERJA KB-5

LK - 05

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran ini? Sebutkan!

.....

.....

.....

.....

.....

2. Bagaimana saudara mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

.....

.....

.....

.....

.....

3. Ada berapa dokumen bahan bacaan yang ada di dalam Materi pembelajaran ini? Sebutkan!

.....

.....

.....

.....

.....

4. Apa topik yang akan saudara pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!

.....

.....

.....

.....

.....

.....
.....

5. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh saudara sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

.....
.....
.....
.....
.....

6. Apa bukti yang harus diunjukkan oleh saudara sebagai guru kejuruan bahwa saudara telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

BAB III

PENUTUP

Pembangunan di Indonesia yang sangat pesat menyebabkan permintaan kebutuhan energi meningkat tajam. Permintaan ini meliputi energi listrik dan energi termal. Untuk daerah di pulau Jawa dan Bali penyediaan energi ini sudah cukup baik, akan tetapi di luar wilayah ini masih kurang. Hal ini terjadi karena belum meratanya sarana dan prasarana yang ada serta masih terbatasnya produksi energi di Indonesia, meskipun sebagian sumber energi termal berasal dari luar wilayah Jawa dan Bali. Oleh karena itu kegiatan produksi energi harus terus dilakukan.

Akan tetapi produksi energi sebesar apapun akan kurang menghasilkan efek yang signifikan dalam pemerataan energi di Indonesia jika pemborosan energi terus dilakukan. Untuk mengatasi hal tersebut perlu dilakukan konservasi energi dan lingkungan, melalui tahapan pengelolaan energi yang meliputi: penyediaan energi, pengusahaan energi, pemanfaatan energi, dan konservasi sumber daya energi.

Melalui tahapan pengelolaan energi ini diharapkan dilakukan berbagai tindakan untuk mengamankan ketersediaan energi dalam jangka panjang. Tindakan itu meliputi: penghematan energi, pembangkitan sumber energi baru berbasis energi alternatif, serta pemeliharaan dan perbaikan lingkungan.

Uji Kompetensi

Selesaikan soal dibawah ini dengan memilih salah jawaban paling tepat dari a,b,c atau d:

1. Matahari terdiri dari inti dan tiga lapisan kulit salah satunya adalah:
 - a. Lapisan Fotosfera
 - b. Atmosfir
 - c. Lapisan tembus cahaya
 - d. Radiasi sinart.
2. Mana yang tidak termasuk, sumber daya energi dapat dibedakan menjadi:
 - a. Sumber daya energi konvensional
 - b. Sumber daya energi nuklir
 - c. Sumber daya energi terbarukan
 - d. Sumber daya energi sinar
3. Energi yang tidak dapat diperbaharui adalah adalah:
 - a. Air
 - b. Angin
 - c. Gas dan minyak
 - d. Matahari
4. Yang dimaksud dengan Renewable Energy) adalah :
 - a. Energi tidak terbarukan
 - b. Energi terbarukan
 - c. Energi angin
 - d. Energi air
5. Energi air yang mengalir dapat digunakan untuk menghasilkan:
 - a. Panas

- b. Dingin
 - c. Uap
 - d. Tenaga.
6. Sistem pengumpul panas adalah, :
- a. Kolektor
 - b. Silinder
 - c. Tabung
 - d. Plat ceper
7. Keuntungan pengeringan dari sinar matahari adalah:
- a. Bahan menjadi lebih tahan lama disimpan dengan *blind flange*
 - b. Biaya produksi menjadi murah
 - c. Proses pengeringan cepat
 - d. Tidak perlu tenaga manusia untuk mengolahnya
8. Kelemahan Pengeringan dengan sinar matahari langsung sebagai energi panas:
- a. Tergantung cuaca Ujung pipa saja
 - b. Lama proses keringnya
 - c. Bahan dapat disimpan lebih lama.
 - d. Bahan yang dikeringkan tidak awet
9. Keuntungan pengeringan secara mekanis adalah:
- a. Pengaturan suhu dapat lebih mudah sehingga dapat disesuaikan dengan karakteristik bahan yang dikeringkan
 - b. Pengaturan suhu tidak dapat disesuaikan dengan karakteristik bahan yang dikeringkan
 - c. Suhu menjadi panas
 - d. Tidak lembab

10. Keuntungan cara pengelasan pipa-flens pada posisi pipa non permanent adalah:
- a. Benda kerja diatur sesuka pekerja
 - b. Pekerjaan lebih mudah dan baik
 - c. Tidak memerlukan posisi kerja diatas kepala (*over head*)
 - d. Keberhasilan x-ray lebih baik

DAFTAR PUSTAKA

Copper Plumbing Systems, CIDB – CDC, South East Asia, Singapore 1996.

Kamus Inggris Indonesia, John M. Echlos – Hassan Shadily, PT. Gramedia Jakarta 1988.

Kamus Teknik Inggris Belanda Indonesia, BS. Anwir, PT. Pradnya Paramita, Jakarta 1977.

Modern Plumbing, E. Keith Blankenbaker, The Goodheart-Willcox Company, inc. Illinois, 1992.

Plumbing Services, Basic skills & Water Supply, R.J. Puffet- L.J. Hossack, McGraw-Hill, Book Company, Sydney, 1990.

GLOSARIUM

Air adalah sumber daya yang dapat diperbaharui, terus diisi oleh siklus global penguapan dan curah hujan.

Energi adalah daya kerja atau tenaga, energi berasal dari bahasa Yunani yaitu *energia* yang merupakan kemampuan untuk melakukan usaha.

Energi Pasang Surut adalah energi yang dihasilkan dari pergerakan air laut akibat perbedaan pasang surut.

Energi Surya adalah energi panas dari matahari. yang dapat dimanfaatkan dengan menggunakan serangkaian teknologi seperti pemanas surya, fotovoltaik surya, listrik termal surya, arsitektur surya, dan fotosintesis buatan.

Energi Terbarukan adalah sumber energi yang dapat dengan cepat dipulihkan kembali secara alami, dan prosesnya berkelanjutan.

Konduksi yaitu perpindahan panas melalui zat perantara berupa benda padat.

Pengeringan Adiabatik adalah pengeringan dimana panas dibawa ke alat pengering oleh udara panas, fungsi udara memberi panas dan membawa uap air.

Pengeringan Isothermik adalah pengeringan bahan dimana bahan berhubungan langsung dengan lembaran/plat logam yang panas.

Pengeringan Gabungan adalah pengeringan dengan menggunakan energi sinar matahari dan bahan bakar minyak yang menggunakan konveksi paksa (udara panas dikumpulkan dalam kolektor kemudian dihembus ke komoditi).

